

Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΩΝ ΜΕ
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ : ΚΑΜΠΙΤΣΗ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ Α.Μ. 4469

ΚΟΚΛΑ ΔΙΟΝΥΣΙΑ Α.Μ. 4485

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΛΑΜΠΑΚΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο βασικός στόχος αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι ο σχεδιασμός νέων μοντέλων οδοστρωσίας βάση των φθορών και των μηχανικών ιδιοτήτων των εδαφών, που σκοπό έχει να αξιολογήσει τη διάστρωση και συμπύκνωση τυποποιημένου τύπου υλικών, καθώς και νέων εναλλακτικών υλικών για την αποκατάσταση οδοστρωμάτων. Η πτυχιακή μας επικεντρώθηκε στο κατά πόσο, τα πρωτότυπα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τη κατασκευή οδοστρωμάτων, είναι αρκετά ανθεκτικά ώστε να χρησιμοποιηθούν ευρέως στην Οδοποιία.

Η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των υλικών αυτών, κάτω από ένα συγκεκριμένο πλαίσιο μελέτης και αξιολόγησης, μπορεί να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εξόρυξη και επεξεργασία των πρώτων υλών. Στην παρούσα πτυχιακή, εξετάζεται η προοπτική χρήσης των βιομηχανικών προϊόντων και αποβλήτων στην κατασκευή των οδικών έργων, συγκρίνονται τα προσδοκώμενα αποτελέσματα σε σχέση με τα συμβατικά υλικά, ελέγχοντας διαφορετικές παραμέτρους όπως την τεχνική, περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική παράμετρο. Η εφαρμογή της ανάπτυξης και διαχείρισης των φυσικών πόρων οδηγεί σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο μελέτης, λαμβάνοντας υπόψη, εκτός από το τεχνικό κόστος, και το κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος των επιλογών.

Ακόμα, η οικονομική κρίση μας αναγκάζει να βρούμε άλλα υλικά πιο οικονομικά που θα βελτιώσουν τις συνθήκες οδοστρωσίας. Μερικά από αυτά είναι : τα απορριπτέα ελαστικά των οχημάτων, η ανακύκλωση γυαλιού, η ιπτάμενη τέφρα, η εφαρμογή σκωριών και η ερυθρά ιλύς.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται γενικά στα οδοστρώματα και δίνει ιδιαίτερο βάρος στις σύγχρονες τεχνικές και στις νέες μεθόδους για την κατασκευή τους μέσα από έρευνα που έγινε από βιβλιογραφία και πληροφορίες από το internet.

Αρχικά γίνεται μια γενική αναφορά στα οδοστρώματα και στην κατασκευή αυτών, στις δυο κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται. Αναφερόμαστε στα εδάφη επάνω στα οποία θεμελιώνουμε τις οδούς και στα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούμε για την κατασκευή των άνω στρώσεων.

Έπειτα γίνεται μια αναφορά στη συμπεριφορά των οδοστρωμάτων, μέσα από την ανάλυση των φθορών και του τρόπου συντήρησής τους.

Ακολουθεί ένα κεφάλαιο όπου αναφέρεται στην αφρώδη άσφαλτο, μια ιδιαίτερη μέθοδος σταθεροποίησης των εδαφών, η οποία παρόλο που είναι γνωστή από τη δεκαετία του '60 εφαρμόζεται συνεχώς εξελισσόμενη τα τελευταία χρόνια. Βασική αρχή κατασκευής της είναι ότι την παράγουμε προσθέτοντας μικρές ποσότητες νερού σε θερμό ασφαλτικό υλικό και αναφερόμαστε στην εκτίμηση της ποιότητάς της.

Συνεχίζουμε με τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας τα οποία είναι ασφαλτικά οδοστρώματα που είναι σχεδιασμένα και κατασκευασμένα για μεγάλη διάρκεια ζωής. Αυτά τα οδοστρώματα έχουν μεγαλύτερα πάχη ασφαλτικών στρώσεων και κατασκευάζονται με σύγχρονα ασφαλτομίγματα που τους προσδίδουν τις απαιτούμενες αντοχές.

Επιπλέον, παρουσιάζονται τα ιδιαίτερα αποτελέσματα ερευνών, μετρήσεων και ελέγχων χρησιμοποίησης των σκωριών σε αντιολισθηρούς τάπητες οδοστρωμάτων, προσδίδοντας στους τάπητες ανθεκτικότητα και αντιολισθητική ικανότητα.

Τέλος, γίνεται αναφορά στις σύγχρονες τεχνικές και τη χρήση εναλλακτικών υλικών στην κατασκευή οδοστρωμάτων, όπως ανακυκλώσιμο γυαλί, ελαστικό, ιπτάμενη τέφρα, ερυθρά ιλύς και χρήση σκωριών αναλύοντας τις δυνατότητες και προοπτικές της χρήσης αυτών των ανακυκλωμένων υλικών στην Οδοποιία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>Πρόλογος</u>	2
<u>Περίληψη</u>	3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Γενικά για το Οδόστρωμα	8
1.2 Κατηγορίες Οδοστρωμάτων	9
1.3 Διαφορές Οδοστρωμάτων	12
1.4 Ανάλυση κατηγοριών Οδοστρωμάτων	12
1.4.1 Κυκλοφοριόπηκτα Οδοστρώματα	12
1.4.2 Υδατόπηκτα Σκυρωτά Οδοστρώματα (Macadam)	13
1.4.3 Εμποτίστα Σκυρωτά με τσιμέντο	14
1.4.4 Λιθόστρωτα Οδοστρώματα	14
1.4.5 Οδοστρώματα από σκυρόδεμα (Άοπλο)	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Έδαφος	16
2.1.1 Η δημιουργία εδαφών	16
2.1.2 Γενικές ομάδες εδαφών	17
2.2 Αδρανή υλικά φυσικών αποθέσεων	20
2.2.1 Θραυστά αδρανή πετρωμάτων	20
2.2.2 Διαχωρισμός αδρανών	21
2.3 Έλεγχοι αδρανών	21
2.3.1 Έλεγχοι Σκληρότητας και Ανθεκτικότητας	22
2.3.2 Δοκιμή καθορισμού αντίστασης σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles	22
2.3.3 Δοκιμή Καθορισμού ποσότητας Παιπάλης ASTM D-2419	24
2.3.4 Δοκιμή Καθορισμού Ισοδύναμου Άμμου AASHTO T 176	24
2.3.5 Δοκιμή Ανθεκτικότητας σε Αποσάθρωση (Έλεγχος Υγείας)	26
2.4 Κατασκευή ασφαλτικής στρώσης κυκλοφορίας	28
2.5 Μορφές ασφάλτου για κατασκευές	28
2.5.1 Τροποποιημένη άσφαλτος	28
2.6 Ασφαλικές εργασίες	30
2.7 Ασφαλικό σκυρόδεμα	30
2.7.1 Συμπεριφορά ασφάλτου ως συνδετικό υλικό	32
2.7.2 Συμπεριφορά αδρανών υλικών	32
2.8 Ασφαλτομίγματα	33
2.8.1 Ιδιότητες του ασφαλτομίγματος	33
2.8.2 Ανάλυση ασφαλτομίγματος	34
2.8.3 Μέθοδοι σχεδιασμού ασφαλτομίγματος	35
2.8.4 Μέθοδος δοκιμής της αντίστασης σε πλαστική παραμόρφωση των ασφαλικών μιγμάτων με τη συσκευή Marshall A.S.T.M. D 1559-65	35
2.9 Ασφαλτικά Γαλακτώματα	38
2.10 Ασφαλτικά Διαλύματα	39
2.11 Ασφαλικές μεμβράνες	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Κατασκευή αντιολισθηρής στρώσης από ασφαλτικό σκυρόδεμα	41
3.1.1 Κριτήρια επιλογής τύπου στρώσης βάσει τεχνικών προδιαγραφών	41
3.2 Κριτήρια αποδοχής ενσωματωμένων υλικών	42
3.2.1 Αδρανή υλικά	42
3.2.2 Ασφαλτικό συνδετικό	43
3.2.3 Μελέτη σύνθεσης	43
3.2.4 Ποσοστό ασφάλτου - χαρακτηριστικά κατά Marshall	44
3.3 Μέθοδος κατασκευής - απαιτήσεις τελειωμένης εργασίας	45
3.3.1 Παραγωγή του ασφαλτομίγματος	45
3.3.2 Συγκολλητική επάλειψη	45
3.3.3 Διάστρωση ασφαλτικού σκυροδέματος	46
3.3.4 Συμπύκνωση	46
3.4 Ποιοτικοί έλεγχοι για την παραλαβή	46
3.4.1 Εργαστηριακοί έλεγχοι	46
3.4.2 Έλεγχοι εγκατάστασης παραγωγής ασφαλτικού σκυροδέματος	47
3.4.3 Έλεγχοι και απαιτήσεις για την τελική στρώση	47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Οδοστρώματα μακράς διάρκειας	49
4.2 Σχεδιασμός οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας	49
4.3 Σύγχρονα υλικά και μίγματα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας	50
4.4 Κατασκευή οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας	52
4.5 Σύγχρονες προσπάθειες εφαρμογής σχεδιασμού οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας – παραδείγματα από χώρες του εξωτερικού	52
4.5.1 Μεγάλη Βρετανία	53
4.5.2 Τέξας	53
4.5.3 Kentucky	54
4.6 Συγκρίσεις οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας σε σχέση με κοινά οδοστρώματα	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Αφρώδης άσφαλτος	57
5.1.1 Η ποιότητα του αεροποιημένου ασφαλτικού	57
5.1.2 Εκτίμηση της ποιότητας του αεροποιημένου ασφαλτικού	58
5.1.3 Χρήση αφρώδους ασφαλτικού ως συντελεστή συναρμογής σε υλικά ψυχρής επεξεργασίας	58
5.1.4 Καθορισμός της βέλτιστης περιεκτικότητας αφρώδους ασφαλτικού	59
5.1.5 Οι ιδιότητες του εν ψυχρώ κατεργασμένου υλικού	59
5.1.6 Τεχνολογία μηχανών και διαδικασίες για την τοποθέτηση εν ψυχρώ κατεργασμένου παραγόμενου υλικού με αεροποιημένο ασφαλτικό	59
5.1.7 Εκτιμήσεις	61
5.1.8 Τρεις δοκιμές σταθεροποίησης με αφρώδη άσφαλτο	62
5.1.8.1 Δοκιμή στην περιοχή Gladfield	62

5.1.8.2	Δοκιμή στην περιοχή Gympie	62
5.1.8.3	Δοκιμή στην περιοχή Inglewood	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1	Η χρήση των βιομηχανικών παραπροϊόντων στην κατασκευή οδικών έργων	64
6.1.1	Η αναγκαιότητα της ανακύκλωσης στερεών αποβλήτων	64
6.1.2	Η χρήση εναλλακτικών υλικών στην οδοποιία	65
6.1.3	Εναλλακτικά υλικά και παραπροϊόντα του ελλαδικού χώρου με εφαρμογή στην Ελλάδα	66
6.1.4	Προβλήματα κατά τη χρήση των εναλλακτικών υλικών	66
6.2	Υλικά από ανακυκλώσιμα προϊόντα	66
6.2.1	Ανακύκλωση αδρανών απόβλητων	67
6.3	Ανακύκλωση γυαλιού	68
6.3.1	Σύσταση του γυαλιού	69
6.3.2	Εφαρμογές του γυαλιού	70
6.3.3	Αδρανές ασφαλτικό σκυρόδεμα	71
6.3.4	Μειονεκτήματα Glassphalt	71
6.4	Ανακύκλωση ελαστικών	72
6.4.1	Ελαστικά και περιβάλλον	72
6.4.2	Εναλλακτική διαχείριση χρησιμοποιημένων ελαστικών	72
6.4.3	Εφαρμογές /Αξιοποίηση	73
6.4.3.1	Ηχομονωτικά αναχώματα	74
6.4.3.2	Ελαφρύ πληρωτικό υλικό ως υπόστρωμα οδοποιίας	74
6.4.3.3	Θερμομόνωση	74
6.4.3.4	Τροποποιημένη άσφαλτος με τρίμμα ελαστικού	74
6.4.4	Αξιοποίηση και ανακύκλωση ελαστικών	75
6.4.5	Παραδείγματα χρήσης ανακυκλώσιμων ελαστικών σε έργα οδοποιίας	76
6.4.5.1	Richmond, Maine (Η.Π.Α)	76
6.4.5.2	Πρόγραμμα Roadtire – ασφαλτόστρωση στη Λαμία	77
6.5	Γενικά για τις σκωρίες	77
6.5.1	Εφαρμογές σκωριών σε οδικές κατασκευές	78
6.5.2	Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες	78
6.5.3	Μετρήσεις επιφανειακών χαρακτηριστικών οδοστρωμάτων σε ασφαλτοτάπητες με σκωρίες	79
6.5.3.1	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την εφαρμογή σκωριών	79
6.5.4	Σύγκριση επιφανειακών χαρακτηριστικών σε αντιολισθηρούς τάπητες με σκωρίες και φυσικά αδρανή	80
6.6	Ιπταμένη τέφρα	80
6.6.1	Οι Ελληνικές Ιπτάμενες τέφρες	81
6.6.2	Κατηγοριοποίηση της Ιπτάμενης τέφρας	82
6.6.3	Εφαρμογή στην Οδοποιία	83
6.6.4	Περιπτώσεις εφαρμογής	84
6.6.4.1	Ο αυτοκινητόδρομος Yelgun-Chinderah, Australia	84
6.6.4.2	Ο σταθμός 5 του αεροδρομίου Heathrow, Μ. Βρετανία	85
6.7	Ερυθρά ιλύς	85

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1	Φθορές	88
7.1.1	Αίτια φθορών	88
7.1.2	Επισήμανση φθορών	88
7.1.3	Εξέλιξη των φθορών	89
7.1.4	Επιφανειακές φθορές του οδοστρώματος	89
7.1.5	Φθορές εύκαμπτων οδοστρωμάτων	90
7.2	Συντήρηση	90
7.2.1	Ρηγματώσεις	90
7.2.2	Σφράγιση / πλήρωση ρωγμών	90
7.2.3	Ρωγμές τύπου Αλλιγάτορα ή ρωγμές συρρίκνωσης	90
7.2.4	Ρωγμές στα άκρα	92
7.2.5	Ρωγμές μεταξύ λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης	93
7.2.6	Ρωγμές από ανάκλαση	93
7.2.7	Ρωγμές από ολίσθηση ταπήτων	95
7.2.8	Ρωγμές στην τροχιά των τροχών	96
7.2.9	Ευθύγραμμες ρηγματώσεις κόπωσης	96
7.3	Κατηγορία – παραμορφώσεις	97
7.3.1	Παραμορφώσεις (Στρεβλώσεις) της επιφάνειας	97
7.3.2	Τοπικά βυθίσματα	97
7.3.3	Καθίζηση	98
7.3.4	Παραμορφώσεις κυματοειδούς μορφής (πτυχώσεις / ρυτιδώσεις) ή εγκάρσιες πτυχώσεις	98
7.3.5	Αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών ή ίχνη τροχών μικρού εύρους	99
7.4	Κατηγορία – αποσυνθέσεις	99
7.4.1	Αποσύνθεση	99
7.4.2	Αποκόλληση αδρανών από ασφαλτοτάπητες	100
7.4.3	Απογύμνωση αδρανών	100
7.4.4	Αποκόλληση υλικού κατά πλάκες	100
7.4.5	Φωλιές	101
	<u>Συμπέρασμα</u>	102
	<u>Ευχαριστίες</u>	104
	<u>Πηγες-Βιβλιογραφία</u>	105

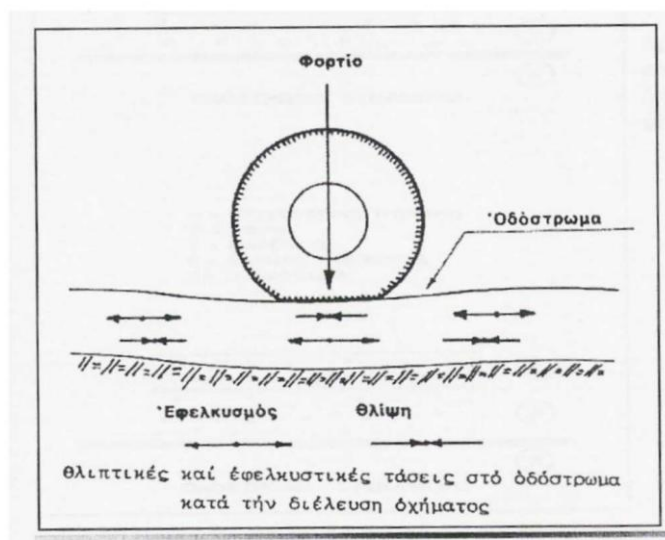
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ

Το φυσικό έδαφος στη μορφή που βρίσκεται δεν είναι ικανό να φέρει τις καταπονήσεις, που προέρχονται από την κυκλοφορία, ούτε έχει λεία επιφάνεια για την ομαλή κίνηση των οχημάτων. Επίσης, η αντοχή του στις κλιματολογικές εναλλαγές είναι μικρή. Για τους λόγους αυτούς κατασκευάζονται τα οδοστρώματα.

Οδόστρωμα ορίζεται το σύνολο των στρώσεων που είναι τοποθετημένες πάνω από το φυσικό έδαφος για τη δημιουργία της οδού. Το οδόστρωμα είναι μια σύνθετη κατασκευή που έχει να επιτελέσει διάφορες λειτουργίες οι οποίες είναι ανόμοιες μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό κάνει την κατασκευή αρκετά πολύπλοκη. Είναι γνωστό ότι οι δρόμοι στην αρχαιότητα συνήθως δεν έφεραν οδόστρωμα, ήταν απλοί χωματόδρομοι, όπου όλο το βάρος δινόταν στην ομαλότητα της χάραξης. Οι χωματόδρομοι όμως είναι ευπαθείς τόσο στις καιρικές επιδράσεις, όσο και στη φθορά από τα φορτία κυκλοφορίας. Η δράση του νερού της βροχής κυρίως είναι εκείνη που μαλακώνει και διαβρώνει την επιφάνεια τους. Αντίστοιχα, οι τροχοί των οχημάτων, αλλά και η δράση ανθρώπων και ζώων, διαταράσσει και φθείρει την επιφάνεια των χωματόδρομων. Η συνδυασμένη επιρροή των παραπάνω παραγόντων (βροχή και φορτία κυκλοφορίας) θεωρείται ιδιαίτερα δυσμενής .

Είναι προφανές ότι, όσο αυξάνει η χρήση ενός δρόμου, τόσο μεγαλώνει και η φθορά του, αλλά παράλληλα αυξάνονται και οι απαιτήσεις που οι χρήστες έχουν από αυτόν. Έτσι από τους αρχαίους ακόμα χρόνους είναι αναγκαία κάποια μορφή προστασίας και ενίσχυσης της επιφάνειας κίνησης. Σήμερα είναι προφανές ότι, η επίστρωση των οδών με σύγχρονα οδοστρώματα είναι αναγκαία για να επιτευχθεί ένα αποδεκτό επίπεδο ασφαλούς, άνετης, οικονομικής και γρήγορης μετακίνησης των οχημάτων. Το φυσικό έδαφος στη μορφή που βρίσκεται δεν είναι ικανό να φέρει τις καταπονήσεις που προέρχονται από την κυκλοφορία, ούτε έχει λεία επιφάνεια για την ομαλή κίνηση των οχημάτων. Το οδόστρωμα έχει σαν κύριο λόγο να διανέμει τις πιέσεις, ώστε η καταπόνηση του εδάφους θεμελίωσης να μην υπερβαίνει τα όρια. Στο παρακάτω σχήμα 1.1 βλέπουμε τις θλιπτικές και εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται σ' ένα οδόστρωμα από τον τροχό ενός οχήματος.



Σχήμα 1.1 : Το φορτίο του οχήματος ασκεί τάσεις στο οδόστρωμα.

1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

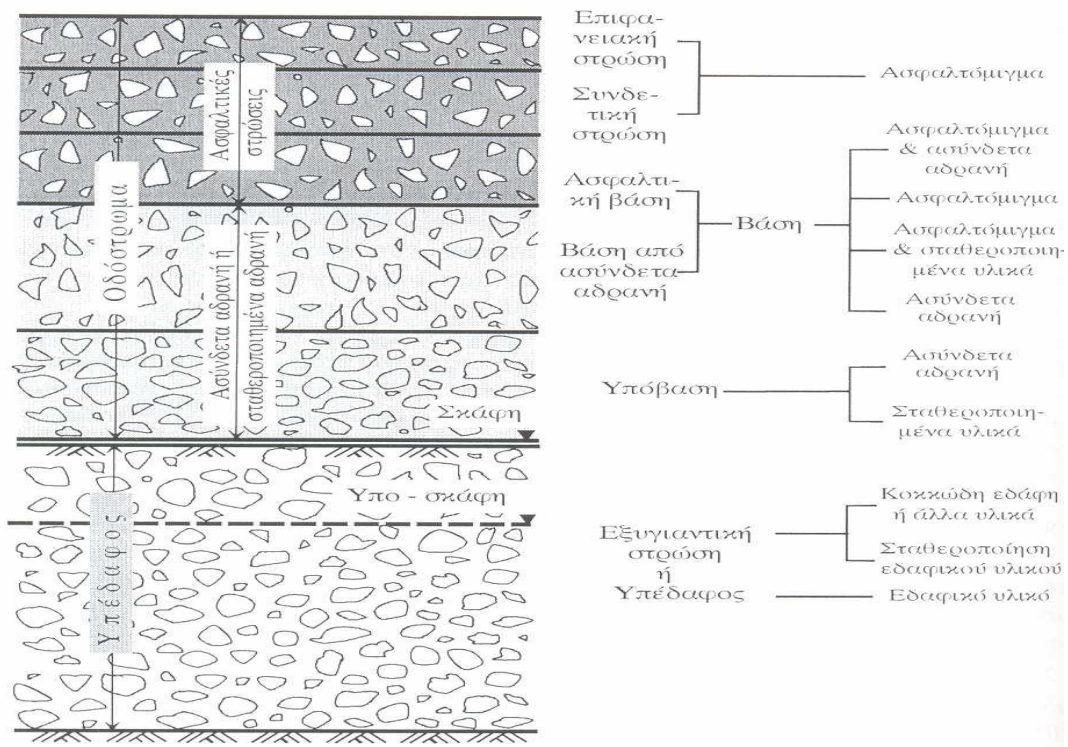
Ανάλογα με την ελαστικότητα τους, τα οδοστρώματα διακρίνονται κατά κανόνα, σε εύκαμπτα και δύσκαμπτα.

Τα εύκαμπτα οδοστρώματα αποτελούνται από αλληπάλληλες στρώσεις φυσικών εδαφικών και θραυστών εδαφικών υλικών που συνήθως καλύπτονται επιφανειακά από τους ασφαλτοτάπητες.

Κατά κανόνα τα εύκαμπτα οδοστρώματα αποτελούνται από:

- Υπόβαση.
- Βάση.
- Επιφανειακή στρώση.

Η μεταφορά των φορτίων στο έδαφος γίνεται διαμέσου των στρώσεων του (Σχήμα 1.2). Κατασκευαστικά το εύκαμπτο οδόστρωμα διακρίνεται σε τρεις ομάδες στρώσεων την υπόβαση, τη βάση και την επιφανειακή στρώση. Κάτω από ειδικές συνθήκες μπορεί να κατασκευασθεί και μια εξυγιαντική στρώση μεταξύ του υπεδάφους και της υπόβασης όταν έχουμε πολύ ασθενές υπέδαφος. Το ολικό πάχος του εύκαμπτου οδοστρώματος πρέπει να είναι τόσο, ώστε οι δυνάμεις που μεταβιβάζονται σε μεγαλύτερη συνεχώς επιφάνεια να μειωθούν μέχρι να γίνουν ανεκτές από το έδαφος έδρασης του οδοστρώματος.



Σχήμα 1.2 : Τυπική κατασκευαστική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος

Οι κυριότεροι παράγοντες για τον υπολογισμό του πάχους των εύκαμπτων οδοστρώματων είναι η φύση του εδάφους έδρασης του οδοστρώματος, ο κυκλοφοριακός φόρτος, οι κλιματολογικές συνθήκες και τα διαθέσιμα υλικά.

Σαν εύκαμπτα θεωρούνται:

- Τα ασφαλτικά.
- Τα κυκλοφοριόπηκτα.
- Τα σταθεροποιημένα.
- Τα σκυρωτά.

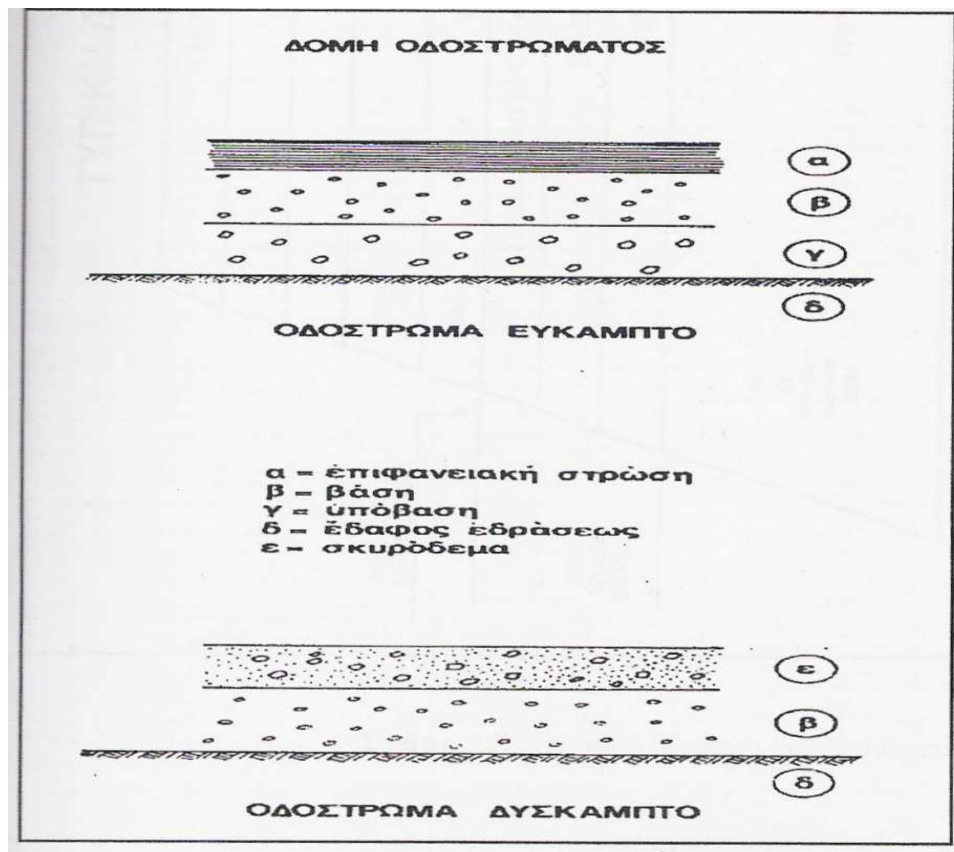
Τα δύσκαμπτα οδοστρώματα ουσιαστικά έχουν ως κύριο δομικό στοιχείο μια πλάκα σκυροδέματος που χρησιμοποιείται ως βάση και ως επιφάνεια κυκλοφορίας, ενώ ως υπόβαση χρησιμοποιείται φυσικό ή θραυστό αμμοχάλικο.

Παρουσιάζουν μεγάλη ακαμψία και κατασκευάζονται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα από σκυρόδεμα (άοπλο δηλαδή σκυρόδεμα χωρίς χάλυβα, οπλισμένο δηλαδή σκυρόδεμα ενισχυμένο με χάλυβα, προεντεταμένο σκυρόδεμα του οποίου οι οπλισμοί έχουν προενταθεί με σκοπό την αύξηση της αντοχής) και εδράζονται σε κατάλληλη βάση. Λόγω της μεγάλης ακαμψίας που διαθέτουν, οι τοπικές καθιζήσεις που πιθανόν να εμφανισθούν κάτω από αυτά δεν αντανακλώνται στην επιφάνεια κύλισης (Σχήμα 1.3). Τα οδοστρώματα αυτά χαρακτηρίζονται για τη μεγάλη διάρκεια ζωής, την μη ολισθηρή επιφάνεια, την ομοιόμορφη διανομή των φορτίων κυκλοφορίας και την ελάχιστη δαπάνη συντήρησης. Αντίθετα μειονεκτούν λόγω έλλειψης ελαστικότητας και συμπαγής επιφάνειας καθώς επίσης και από την αρνητική επίδραση των μεταβολών της θερμοκρασίας.

Τα οδοστρώματα από σκυρόδεμα έχουν σημαντική εφαρμογή σε διάφορες χώρες. Στην Ελλάδα έχουν γίνει λίγες παρεμβάσεις μέχρι σήμερα, σε μικρά τμήματα δρόμων, εθνικής οδοποιίας, σε ανωφέρειες όπου δεν είναι δυνατόν να διαστρωθεί το θερμό ασφαλτόμιγμα και ορισμένες φορές σε γέφυρες.

Σαν δύσκαμπτα θεωρούνται:

- Τα από σκυρόδεμα.
- Τα λιθόστρωτα.



Σχήμα 1.3 : Δομές οδοστρώματων και τα διάφορα στρώματα που αποτελούνται

Στα εύκαμπτα οδοστρώματα οι στρώσεις υπόβασης και βάσης κατασκευάζονται, επειδή:

- Αποτρέπουν την άνοδο του ύδατος λόγω τριχοειδών.
- Δίνουν μια πρόσθετη προστασία από τον παγετό.
- Συντελούν στην αποστράγγιση.
- Αυξάνουν τη φέρουσα ικανότητα.
- Βοηθούν την κατανομή των φορτίων με το σύστημα των στρώσεων.

Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα η στρώση βάσης κατασκευάζεται, επειδή:

- Αποτρέπει την άνοδο του ύδατος λόγω τριχοειδών.
- Προστατεύει από τον παγετό.
- Συντελεί στην αποστράγγιση.
- Αποτρέπει τις καθιζήσεις του εδάφους.
- Αυξάνει την αντοχή του οδοστρώματος.
- Διευκολύνει την κατασκευή.

Στο εύκαμπτο οδοστρώμα η μεταφορά των φορτίων στο έδαφος γίνεται δια μέσου των στρώσεων του. Το ολικό πάχος του ευκάμπτου οδοστρώματος πρέπει να είναι τόσο, ώστε οι δυνάμεις που μεταβιβάζονται σε μεγαλύτερη συνεχώς επιφάνεια να μειωθούν μέχρι να γίνονται ανεκτές από το έδαφος έδρασης του οδοστρώματος.

Στο δύσκαμπτο οδοστρώμα, όπου το υλικό του είναι μεγάλης αντοχής, το κύριο μέρος των τάσεων μεταβιβάζεται στο φορέα, ενώ το έδαφος θεμελίωσης απλώς αντιδρά στην

παραμόρφωση του οδοστρώματος. Έτσι το πρόβλημα του υπολογισμού των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων είναι η στατική επίλυση πλάκας σκυροδέματος, που εδράζεται σε άπειρα ελαστικά σημεία.

1.3 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Στην Ελλάδα κατασκευάζονται αποκλειστικά εύκαμπτα οδοστρώματα για τους δρόμους. Ο βασικός λόγος γι' αυτό είναι ότι τα δύσκαμπτα οδοστρώματα είναι ακριβότερα. Κατ' εξαίρεση σε ορισμένες περιπτώσεις, αλλά και στα αεροδρόμια, μπορεί να προκριθεί η κατασκευή δύσκαμπτων οδοστρωμάτων.

Εκτός από το κόστος, τα εύκαμπτα με τα δύσκαμπτα οδοστρώματα παρουσιάζουν μια ακόμα σειρά διαφοροποιήσεων:

- Τα εύκαμπτα οδοστρώματα παραμορφώνονται περισσότερο από τη διέλευση ενός βαρέως φορτηγού. Γι' αυτό άλλωστε ονομάζονται και εύκαμπτα. Θα μπορούσε να αναφερθεί ότι μια τέτοια διέλευση προκαλεί βύθιση της τάξης των 2 mm, ενώ στα δύσκαμπτα οδοστρώματα η βύθιση είναι ανεπαίσθητη.
- Η πίεση στη επιφάνεια οδοστρώματος - εδάφους, κάτω από το φορτίο κυκλοφορίας είναι υψηλότερη στα εύκαμπτα οδοστρώματα. Θα μπορούσε να αναφερθεί ότι είναι της τάξης του 15% των φορτίων κυκλοφορίας, ενώ στην ίδια θέση στα δύσκαμπτα οδοστρώματα είναι της τάξης του 2-3%.
- Η επιρροή της θερμοκρασίας στους δύο τύπους οδοστρωμάτων είναι διαφορετική. Η άσφαλτος είναι θερμοπλαστικό υλικό. Υψηλές θερμοκρασίες την μαλακώνουν και έτσι τα εύκαμπτα οδοστρώματα είναι ιδιαίτερα ευπαθή σε αυλακώσεις από τους τροχούς των οχημάτων κατά τους θερινούς μήνες. Επίσης ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες την καθιστούν εύθραυστη, με συνέπεια να είναι ευπαθής σε ρηγματώσεις κατά τη διάρκεια του χειμώνα.
- Η βασικότερη διαφοροποίηση μεταξύ ευκάμπτων και δύσκαμπτων οδοστρωμάτων θεωρείται ο τρόπος συμπεριφοράς του συστήματος στα φορτία κυκλοφορίας. Στα εύκαμπτα οδοστρώματα το σύστημα έδαφος οδόστρωμα συμπεριφέρεται πιο ενιαία. Αν υπάρχει στο υπέδαφος ένα ασθενές σημείο (το οποίο δεν έχει εντοπισθεί και εξυγιανθεί κατά την κατασκευή), τότε υπό τα φορτία κυκλοφορίας το έδαφος εκεί δεν καθιζάνει. Το υπερκείμενο οδόστρωμα δεν έχει αυτοτέλεια συμπεριφορά, η υπόβαση, ως ασύνδετο υλικό θα καταρρεύσει ακολουθώντας την καθίζηση του εδάφους, η βάση ως ασύνδετο υλικό θα καταρρεύσει και αυτή. Ο ασφαλτοτάπητας βέβαια, είναι στρώση με δομική συνοχή, είναι όμως ανίκανη να γεφυρώσει μεγάλα κενά για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αργά ή γρήγορα ο ασφαλτοτάπητας θα καταρρεύσει ακολουθώντας το σχήμα παραμόρφωσης της βάσης.

1.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

1.4.1 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΟΠΗΚΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Τα κυκλοφοριόπηκτα οδοστρώματα περιλαμβάνουν την κατασκευή της στρώσης κυκλοφορίας χωρίς ασφαλτική επάλειψη. Κατασκευάζονται σε μία ή δύο στρώσεις σύμφωνα με την Π.Τ.Π. - 0184. Οι στρώσεις μπορεί να εφαρμόζονται ως αυτοδύναμο οδόστρωμα επιφανειών κυκλοφορίας σε μικρού μήκους και πλάτους οδοστρώματα, όπου δεν ενδείκνυται η χρησιμοποίηση οδοστρωτήρων, λόγω της μικρής έκτασης του έργου ή της φύσεως αυτού ή της θέσεώς του.

Από τη σκοπιά της εξυπηρέτησης της κυκλοφορίας στην οδό, τα κυκλοφοριόπηκτα οδοστρωμάτων κατατάσσονται μαζί με τα οδοστρώματα με ασφαλική επάλειψη και επιπλέον είναι και πιο οικονομικά στην κατασκευή τους.

Τα αδρανή είναι ο κυριότερος παράγοντας για την επιτυχία του οδοστρώματος. Πρέπει να δώσουμε μεγάλη προσοχή στην εξεύρεση των αδρανών υλικών για την κατασκευή του κυκλοφοριόπηκτου οδοστρώματος. Η αναζήτηση των αδρανών, που θα χρησιμοποιήσουμε, γίνεται κατά κανόνα σε κοίτες ποταμών και χειμάρρων, σε ακτές θαλασσών και λιμνών. Περισσότερο χρησιμοποιήσιμα αδρανή είναι τα αμμοχάλικα των ποταμών και χειμάρρων. Έχουν όμως το μειονέκτημα ότι στερούνται πλαστικότητας, αυτό όμως ξεπερνιέται με ανάμιξη αργιλώδους λεπτόκοκκου υλικού. Ως συνθετική ύλη θεωρείται η άργιλος που υπάρχει στο αργό υλικό. Το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε πρέπει να είναι καθαρό και η ποσότητα του να καθορίζεται από το Εργαστήριο ανάλογα με την υγρασία του υλικού.

1.4.2 ΥΔΑΤΟΠΗΚΤΑ ΣΚΥΡΩΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Το οδόστρωμα από υδατόπηκτο σκυρωτό χρησιμοποιείται ως βάση και αποτελείται από σκύρα και θραυστά συντρίμματα.

Μπορεί να εδράζεται σε υπέδαφος ή υπόβαση ή σε σταθεροποιημένη βάση. Η έδραση του σκυρωτού στο υπέδαφος αφορά τις περιπτώσεις, που δεν χρειάζεται υπόβαση (καθαρό βραχώδες ή αμμοχαλικώδες υπέδαφος).

Το σκυρωτό δεν αποτελεί στρώση κυκλοφορίας και έτσι η επιφάνεια του πρέπει να προστατεύεται με ασφαλική στρώση κυκλοφορίας. Η κατασκευή του θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της Π.Τ.Π. - 0180. Το αργό υλικό παράγεται από λίθους ή μεγάλες κροκάλες μετά από πολλαπλή θραύση σε μόνιμη εγκατάσταση. Τα σκύρα και τα συντρίμματα πρέπει να αποτελούνται από σκληρά και ανθεκτικά κομμάτια, να είναι γωνιώδη και να μην περιέχουν ξένες προσμίξεις.

Το σκυρωτό οδόστρωμα Macadam (συνολικά ενιαίου μεγέθους οι στρώσεις της πέτρας με μια επίστρωση του συνδετικού υλικού αναμιγνύεται σε ένα ανοιχτό δομημένο μίγμα. Αποτελείται βασικά από συμπυκνωμένα στρώματα μικρές πέτρες τσιμέντο σε μια σκληρή επιφάνεια με τη βοήθεια της σκόνης της πέτρας και του νερού. Ωστόσο, το οδόστρωμα που χρησιμοποιούμε σήμερα είναι ασφαλικό / καλύμματα ασφάλτου και σκυροδέματος) όπου αποτελείται:

- Από μια κάτω στρώση (θεμελίωση)
- Από μια πάνω στρώση (επιφάνεια κυλίσεως)

Η κάτω στρώση έχει χαρακτηριστικά που εξαρτώνται από την φύση του εδάφους (επιφάνεια εδράσεως).

- Πάχη πάνω στρώσεως.
- Πάνω στρώση (με κάτω στρώση) 10 - 15 εκ
- Πάνω στρώση (χωρίς κάτω στρώση) 20 - 25 εκ

1.4.3 ΕΜΠΟΤΙΣΤΑ ΣΚΥΡΩΤΑ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟ

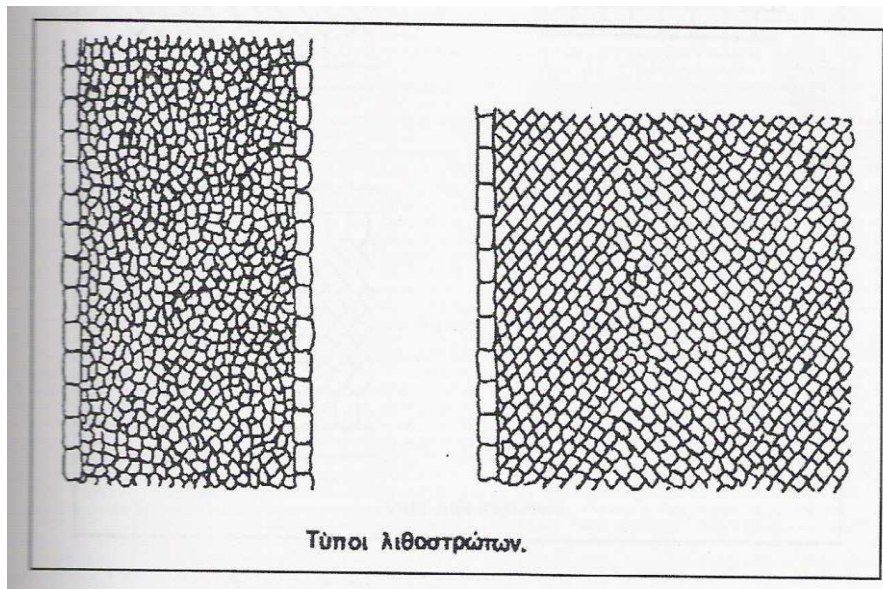
Στα εμπότιστα σκυρωτά με τσιμέντο, σαν συνδετική ύλη χρησιμοποιούμε μίγμα τσιμέντου, άμμου και νερού.

Το οδόστρωμα αποτελείται από μια στρώση αδρανών υλικών (σκληρών και καθαρών) με διαστάσεις 2,5 – 7,5 cm που διαστρώνονται στη σκάφη ή στη θεμελίωση. Το μίγμα (τσιμεντοκονίαμα), εκτοξεύεται στο οδόστρωμα από την αντλία του αναμικτήρα.

Τα εμποτισμένα σκυρωτά με τσιμέντο οδοστρώματα χρησιμοποιούνται για στρώσεις βάσης. Το πάχος της σε περίπτωση ελαφρής κυκλοφορίας είναι 10 cm ενώ σε μέση κυκλοφορία το πάχος ανεβαίνει στα 12 cm.

1.4.4 ΛΙΘΟΣΤΡΩΤΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Λιθόστρωτα οδοστρώματα καλούνται όλες οι στρώσεις κυκλοφορίας της οδού από φυσικούς λίθους που τοποθετούνται με το χέρι και που εφαρμόζονται ο ένας δίπλα στον άλλο όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα 1.4.



Σχήμα 1.4 : Τύποι λιθόστρώτων

Έντεχνα λιθόστρωτα μπορούν να κατασκευασθούν μόνο με τα χέρια και με έμπειρο προσωπικό. Απαγορεύεται στην κατασκευή των λιθόστρώτων να χρησιμοποιείται πέτρωμα ή υλικό που μπορεί να γίνει λείο από την κυκλοφορία.

Τα λιθόστρωτα οδοστρώματα ως στρώσεις κυκλοφορίας της οδού και με το βάρος και την πυκνότητα της κυκλοφορίας, πρέπει να τοποθετούνται πάνω σε μια βάση με αρκετή αντοχή. Το είδος και το πάχος της βάσης ρυθμίζονται από το βάρος της κυκλοφορίας και από τις τοπικές συνθήκες.

Πάντως, σε οποιαδήποτε περίπτωση, το πάχος της βάσης έδρασης του λιθόστρώτου δεν πρέπει να είναι μικρότερο των 10 cm.

Τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε πρέπει να είναι καθαρά, πολύ σκληρά, ομοιογενή και ανθεκτικά. Οι λίθοι πρέπει να κόβονται καλά και σε επίπεδες επιφάνειες και πρέπει να αντέχουν στη λείανση. Η άμμος, που θα χρησιμοποιηθεί για την έδραση του λιθόστρωτου, πρέπει να είναι καθαρή.

1.4.5 ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ (ΑΟΠΛΟ)

Αυτά τα οδοστρώματα ανήκουν στην κατηγορία των δύσκαμπτων και από στατικής συμπεριφοράς, διαφέρουν από τα εύκαμπτα στο ότι συμπεριφέρονται, υπό το βάρος του φορτίου, σαν ένα στατικό δύσκαμπτο στοιχείο που εδράζεται σε ελαστικό υπόστρωμα, ενώ τα εύκαμπτα διανέμουν το φορτίο με τον μηχανισμό των στρώσεων.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Έχει επιφάνεια ομαλή, κανονική όχι ολισθηρή και με μεγάλο βαθμό συνάφειας.
- Καλύτερη ορατότητα την νύχτα.
- Κατασκευή με υλικά εσωτερικής προέλευσης.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής σε σχέση με τους ασφαλτικούς τάπητες.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Οι μεταβολές της θερμοκρασίας και η κακή ποιότητα του εδάφους προκαλούν ρήγματα σε αυτό.
- Προκαλείται θόρυβος από την διέλευση των οχημάτων.
- Παρουσιάζει δυσχέρειες κατασκευής στα σημεία διαβάσεως από έκχωμα σε επίχωμα.
- Ύπαρξη αρμών, αποτελούν ένα σοβαρό πρόβλημα.
- Μεγάλη διακοπή της κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της επισκευής.
- Κατασκευή πλευρικών εγκιβωτισμού με μεγάλο κόστος.

Σε οδοστρώματα, που αναμένεται να δεχτούν βαριά κυκλοφορία, μια στρώση βάσης είναι απαραίτητη, εκτός αν το υπέδαφος είναι καλής ποιότητας.

Η κατασκευή βάσης μπορεί να γίνει με άμμο καλής διαβάθμισης ή χαλίκια, με ισχνό σκυρόδεμα ή με σταθεροποίηση και πρέπει να παρουσιάζει ανθεκτικότητα στον παγετό. Η βάση κυλινδρώνεται, ώστε να είναι συνεχής και ομαλή με ανοχή στα υψόμετρα το πολύ ± 1 cm.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΕΛΛΑΦΟΣ

2.1.1 Η ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΛΛΑΦΩΝ

Έδαφος είναι το θεμελιακό υλικό των οδοστρωμάτων όπως και των περισσότερων δομικών έργων που κατασκευάζονται από τον άνθρωπο. Όλα τα εδάφη προέρχονται από αποσάθρωση των πετρωμάτων, σήψη και αποσύνθεση της βλάστησης. Τα φαινόμενα της αποσάθρωσης και της αποσύνθεσης προκλήθηκαν από φυσικές και χημικές δυνάμεις οι κυριότερες των οποίων είναι ο άνεμος, το νερό (πήξη και τήξη, επίδραση παγετώνων), οι θερμοκρασιακές μεταβολές και οι χημικές αντιδράσεις. Τα εδάφη χαρακτηρίζονται από τον τρόπο που δημιουργήθηκαν. Χαρακτηρίζονται ως υπολειμματικά, ιζηματογενή, αιολικά, και παγετώδη.

- **Υπολειμματικά εδάφη** είναι τα εδάφη που δημιουργήθηκαν από πετρώματα που βρίσκονται ακριβώς κάτω από αυτά. Οι κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία και βροχόπτωση) ήταν οι κύριες αιτίες που προκάλεσαν την αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων. Τα εδάφη αυτά αποτελούνται από ανόργανα κοκκώδη υλικά, λεπτόκοκκα στις ανώτερες στρώσεις και περισσότερο χονδρόκοκκα στις κατώτερες στρώσεις. Τα εδάφη αυτά, εάν δεν έχει επέλθει δραστική χημική αποσάθρωση (τροπικές κλιματολογικές συνθήκες), είναι κατάλληλα για τη θεμελίωση των οδοστρωμάτων.
- **Ιζηματογενή εδάφη** είναι αυτά που δημιουργήθηκαν από την καθίζηση των στερεών σωματιδίων που υπήρχαν σε αιώρηση σε υδάτινο περιβάλλον όπως λίμνες, ποταμούς, ωκεανούς. Τα ιζηματογενή εδάφη μπορεί να είναι από καθαρή άμμο έως κροκιδώδη άργιλο, θαλάσσιας προέλευσης. Από τα ιζηματογενή εδάφη τα προσχωματικά, αυτά που έχουν εναποτεθεί από ποταμούς, εξαιρουμένων των αποθέσεων των δέλτα ποταμών, είναι κατά κανόνα κατάλληλα για την κατασκευή οδοστρωμάτων και σαν πηγή παροχής υλικών οδοστρωσίας.
- **Αιολικά εδάφη** είναι αυτά που δημιουργήθηκαν από μεταφορά και εναπόθεση λεπτόκοκκων υλικών με τη βοήθεια ανέμου. Τα εδάφη αυτά εμφανίζονται ως αμμόλοφοι ή ως ασβεστική ιλύς. Η κατασκευή οδοστρωμάτων από αμμόλοφους που δεν προστατεύονται από φυτική γη παρουσιάζει πρόβλημα πλήρους κάλυψης με άλλη άμμο με αποτέλεσμα πολλές φορές να είναι αδύνατη η διέλευση οχημάτων. Όρυγμα επί ασβεστική ιλύς, λόγω της συνδετικής ιδιότητας του ασβεστίου, είναι δυνατόν να έχει μεγάλη γωνία πρηνών, περίπου κάθετες επιφάνειες. Η χρήση όμως της διαταραγμένης ασβεστική ιλύς σε επίχωμα, επειδή χάνεται η συνοχή των κόκκων με τη διατάραξη κατά την εξόρυξη, ακολουθεί τις προτεινόμενες κλίσεις των εδαφικών υλικών.
- **Παγετώδη εδάφη** είναι αυτά που δημιουργήθηκαν την εποχή των παγετώνων. Τα εδάφη αυτά, εκτείνονται σε βάθος πολλών χιλιομέτρων, αποτελούνται από ογκόλιθους, κροκάλες, χαλίκια, άμμο, ιλύ και άργιλο και συναντώνται ευρέως στο βόρειο ημισφαίριο. Τα εδάφη μπορούν επίσης να χαρακτηριστούν συναρτήσεως της περιεκτικότητας αυτών σε οργανικά υλικά. Τα εδάφη στα οποία τα ανόργανα συστατικά των ορυκτών υλικών υπερεισχύουν των οργανικών ουσιών ονομάζονται ανόργανα εδάφη. Σε αντίθετη περίπτωση ονομάζονται οργανικά εδάφη τα οποία χαρακτηρίζονται από το σκούρο καφέ χρώμα τους και τη χαρακτηριστική οσμή.

Ανεξάρτητα του πώς δημιουργήθηκαν, τα εδάφη (ή οι εδαφικές επισωρεύσεις γενικότερα) χαρακτηρίζονται από έλλειψη ομοιογένειας. Τα εδάφη εμφανίζονται σαν χαλαρά μέχρι συμπυκνωμένα, με ή χωρίς συνεκτικότητα (ποικίλου βαθμού) με κοκκομετρική διαβάθμιση συνεχή ή μη. Η παραπάνω ανομοιογένεια εμφανίζεται τόσο στο οριζόντιο επίπεδο όσο και στο κάθετο επίπεδο (βάθος).

Ο μηχανικός οδοποιίας σχεδόν πάντοτε οφείλει να χρησιμοποιήσει το υπάρχον έδαφος ως έχει, δίχως καμία τροποποίηση, γεγονός που καθιστά την εκτίμηση των μηχανικών ιδιοτήτων και την μηχανική συμπεριφορά του εδάφους πιο επίπονη και δύσκολη.

2.1.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΜΑΔΕΣ ΕΔΑΦΩΝ

Τα φυσικά εδάφη, παρ' όλη την ανομοιομορφία τους, μπορούν να ταξινομηθούν σε βασικές γενικές ομάδες ή υπό ομάδες συναρτήσει του μεγέθους του κόκκου. Με την έννοια μέγεθος κόκκου, στην προκειμένη περίπτωση, εννοείται το μέσο μέγεθος (διάμετρος) του κόκκου που εμπεριέχεται στο έδαφος. Η ταξινόμηση αυτή είναι αρκετά χρήσιμη για τους μηχανικούς οδοποιίας διότι με αυτή συσχετίζονται άμεσα οι ιδιότητες μηχανικής συμπεριφοράς των εδαφών. Οι βασικές ομάδες εδαφών συναρτήσει του μεγέθους των κόκκων, κατά φθίνουσα σειρά είναι: λίθοι, κροκάλες, χαλίκια, άμμος, ιλύς και άργιλος. Οι αντιπροσωπευτικές διαστάσεις των κόκκων για τις παραπάνω ομάδες και υπό ομάδες διαφέρουν ελαφρώς από προδιαγραφή σε προδιαγραφή. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι αντιπροσωπευτικές διαστάσεις των κόκκων ανά γενικές ομάδες και υπό ομάδες κατά AASHTO (Association of State Highway and Transportation Officials - αμερικανική ένωση των κρατικών εθνικών οδών και υπαλλήλων Μεταφορές) και κατά ASTM (American Society for Testing and Materials - αμερικανική εταιρεία Δοκιμών και Υλικών).

Γενικές Ομάδες	Κατά AASHTO	Κατά ASTM
Υπό-ομάδες	Διαστάσεις κόκκων σε mm	
Κροκάλες (λίθοι)	>75.0	>75.0
Χαλίκια	75.0 – 2.00	75.0 – 4.75
χονδρόκοκκα	75.0 – 25.0	75.0 – 19.0
μεσαία	25.0 – 9.5	
λεπτόκοκκα	9.5 – 2.00	19.0 – 4.75
Άμμος	2.00 – 0.075	4.75 – 0.075
χονδρόκοκκα	2.00 – 0.425	4.75 – 2.00
μεσαία		2.00 – 0.425
λεπτόκοκκα	0.425 – 0.075	0.425 – 0.075
Ιλύς	0.075 – 0.002	<0 075
Άργιλος	,0.002	
Κολλοειδές	<0.001	

Πίνακας 2.1 : Γενικές ομάδες εδαφών συναρτήσει του μεγέθους του κόκκου

- **Κροκάλες, χαλίκια και άμμος** είναι κοκκώδη εδάφη οι κόκκοι των οποίων δεν έχουν καθόλου ή σχεδόν καθόλου συνοχή μεταξύ τους. Αναγνωρίζονται οπτικώς εύκολα και διακρίνονται για τη μεγάλη διαπερατότητά τους και για την καλή τους σταθερότητα κάτω από την επίδραση αξονικών φορτίων όταν συνυπάρχει πλευρική παρεμπόδιση (εγκιβωτισμός). Ο όρος χαλίκια χρησιμοποιείται για φυσικά χαλίκια ποταμών ή ορυχείων τα οποία στη μεγάλη πλειοψηφία τους έχουν σφαιρικό σχήμα. Αντίθετα, ο όρος θραυστό χαλίκι αναφέρεται σε υλικό διαστάσεων χαλικιού που προήλθε από

θραύση φυσικών λίθων και έχει τουλάχιστο μια πλευρά θραυσμένη. Παρόμοια είναι και η αντιστοιχία των όρων άμμος και θραυστή άμμος.

- **Ίλυσ** είναι έδαφος με λεπτούς κόκκους οι οποίοι μεταξύ τους, σε αντίθεση με την παραπάνω ομάδα, έχουν κάποια συνοχή. Είναι δύσκολο να αναγνωριστούν οπτικά εκτός εάν ξηραθούν, αποσβωλιασθούν και κοσκινιστούν με τη χρήση του κόσκινου των 0,075 mm (No 200), οπότε στην περίπτωση αυτή εμφανίζονται σε μορφή πούδρας. Το σχήμα των λεπτότατων κόκκων ίλυσ είναι κατά βάση σφαιρικό. Οι ίλυσ χαρακτηρίζονται από τη χαμηλή έως μέτρια πλαστικότητα, την πολύ μικρή διαπερατότητα και το γεγονός ότι υπόκεινται σε σημαντική συρρίκνωση και διαστολή με τις αλλαγές της υγρασίας. Το τελευταίο είναι ιδιαίτερα εμφανές όταν οι διαστάσεις των κόκκων της ίλυσ πλησιάζουν τις διαστάσεις της αργίλου. Η σταθερότητα της στρώσης από ίλυ κάτω από την επίδραση αξονικών φορτίων εξαρτάται κυρίως από την ύπαρξη ή μη αποσυντιθεμένων οργανικών ουσιών καθώς και πλακόμορφων ανόργανων σωματιδίων. Οι οργανικές ίλυσ είναι ασταθείς και παρουσιάζουν μεγάλη συμπιεστότητα. Οι ίλυσ που περιέχουν μεγάλο ποσοστό μίκας είναι πολύ πιθανόν να παρουσιάσουν επίσης μεγάλη συμπιεστότητα αλλά και ελαστικότητα.
- **Αργίλος** είναι πολύ λεπτόκοκκο έδαφος κολλοειδούς μορφής. Το σχήμα των αργιλικών σωματιδίων, σε αντίθεση με της ίλυσ και της άμμου είναι πεπλατυσμένο και επίμηκες υπό μορφή πεταλιών πάρα πολύ μικρών διαστάσεων (η μέγιστη διάσταση είναι μικρότερη των 0,002 mm). Λόγω του μεγέθους και της φύσεως των σωματιδίων, μια συγκεκριμένη μάζα αργίλου έχει την μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια από οποιαδήποτε άλλη ισοδύναμη εδαφική μάζα. Επίσης, η επιφάνεια των σωματιδίων είναι περισσότερο χημικά δραστική και ασταθής από οποιοδήποτε άλλο εδαφικό υλικό.

Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι σε ένα γραμμάριο αργίλου υπάρχουν περίπου ενενήντα δισεκατομμύρια σωματίδια, έναντι πεντέμισι εκατομμυρίων σωματιδίων και επτακοσίων μόνο σωματιδίων σε ένα γραμμάριο ίλυσ και χονδρόκοκκης άμμου (διαμέτρου 0,5-1,0 mm) αντίστοιχα. Στην επιφανειακή ηλεκτρική φόρτιση των σωματιδίων οφείλεται η χημική δραστηριότητα της αργίλου η οποία προκαλεί την προσέλκυση και προσρόφηση θετικών κυρίως ιόντων, όπως υδρογόνου, που βρίσκονται στο νερό, ασβεστίου, νατρίου κλπ. Στην προσέλκυση ιόντων υδρογόνου οφείλεται η διόγκωση αυτής παρουσία νερού, ενώ στην προσέλκυση ιόντων ασβεστίου ή νατρίου οφείλεται η δυνατότητα σταθεροποίησης αυτής και των εδαφών γενικότερα.

Οι άργιλοι διακρίνονται για τη μέτρια έως μεγάλη πλαστικότητα, τη σχετικά μεγάλη αντοχή όταν βρίσκονται σε ξηρή κατάσταση, για τη μεγάλη αυξομείωση του όγκου με αντίστοιχη αυξομείωση της υγρασίας και για το γεγονός ότι είναι πρακτικά αδιαπέραστες από το νερό. Με την αύξηση του ποσοστού υγρασίας ή τη διατάραξη της αργιλικής στρώσης μειώνεται δραματικά η αντοχή και η φέρουσα ικανότητα της. Τα αργιλικά εδάφη προκαλούν πάντοτε προβλήματα στο μηχανικό και θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με τη δέουσα προσοχή. Δεν είναι λίγες οι φορές που αργιλικά εδάφη κρίνονται ακατάλληλα για την έδραση των οδοστρωμάτων, δίχως την παρεμβολή άλλης εδαφικής στρώσης ή γεωυφάσματος.

Από τα αργιλικά εδάφη αυτά που περιέχουν Μοντιμοριλλονίτη (ορυκτό με κρυσταλλική δομή, είναι πυριτικό άλας του αργιλίου και περιέχει λίγο μαγνήσιο. Συγκρατεί νερό σε μεγάλες ποσότητες με αποτέλεσμα να αυξάνει ο όγκος του. Βρίσκεται σε αργιλικά πετρώματα στην Ελλάδα στη Μήλο), είναι τα περισσότερο προβληματικά, λόγω της μη σταθερής δομής τους και εμφανίζουν εντονότατη διόγκωση και συρρίκνωση καθώς και

μεγάλη πλαστικότητα. Τα λιγότερο προβληματικά εδάφη είναι αυτά που περιέχουν Καολινίτη (προϊόν εξαλλοιώσεως των αστρίων και άλλων πυριτικών ορυκτών των εκρηξιγενών και μεταμορφωμένων πετρωμάτων, είναι λευκή άργιλος. Ο καολίνης αποτελείται κυρίως από καολινίτη και χρησιμοποιείται στη βιομηχανία πορσελάνης). Η δομή τους είναι πολύ σταθερή με αποτέλεσμα η διόγκωση, η συρρίκνωση και η πλαστικότητα να είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με το μοντοριλλονίτη. Περίπου στη μέση βρίσκονται τα αργιλικά εδάφη που περιέχουν Ιλλίτη (ο Ιλλίτης απορροφά μικρή ποσότητα νερού και η διόγκωση του είναι μικρή. Παρουσιάζεται στα προϊόντα αποσάθρωσης πετρωμάτων πλούσιων σε μαρμαρυγίες.) ή Χλωρίτη (οι Χλωρίτες είναι ένυδρα πυριτικά ορυκτά με Mg και Fe. Οι χλωρίτες είναι ορυκτά χωρίς οικονομική σημασία. Εμφανίζονται πολύ συχνά σε σχιστόλιθους χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης, χωρίς να λείπουν και από ιζηματογενείς αποθέσεις, κυρίως σε αργιλικές), άλλα δύο από τα συνηθέστερα ορυκτά που απαντώνται σε αργιλικά εδάφη.

Είναι γνωστό ότι πολλά εδάφη δεν εμπίπτουν σε μία μόνο από τις παραπάνω γενικές κατηγορίες αλλά ταυτόχρονα σε δύο ή τρεις κατηγορίες, δεδομένου ότι εμπεριέχουν κόκκους διαφόρων διαστάσεων. Παραδείγματος χάριν υπάρχουν εδάφη που περιέχουν ένα ποσοστό άμμου και ένα ποσοστό ιλύς ή ένα ποσοστό άμμου και χάλικος κλπ. Στις περιπτώσεις αυτές η ονομασία των εδαφών αυτών είναι η σύνθετη λέξη που προέρχεται από τα δύο βασικά συστατικά π.χ. ιλυώδης άμμος, αμμοχάλικο, κλπ.

Οι παραπάνω τύποι εδαφών είναι οι περισσότερο κοινοί τύποι που εμφανίζονται στα έργα οδοποιίας. Απαντώνται επίσης εδάφη με την ονομασία πηλώδες, ασβεστική ιλύς και τυρφώδες. Το πρώτο είναι ένας άλλος ορισμός που χρησιμοποιείται από ορισμένους για το αργιλώδες έδαφος. Το δεύτερο είναι αιολικό έδαφος. Το τρίτο, αποτελείται κυρίως από φυτική ύλη σε αποσύνθεση, περιέχει σχεδόν πάντοτε πολλή υγρασία (ή απορροφά πολλή υγρασία), είναι πολύ συμπιεστό και τελείως ανεπιθύμητο για την έδραση οδοστρωμάτων.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η γνώση του μεγέθους των κόκκων ή του φάσματος των διαστάσεων των κόκκων του εδάφους δεν είναι επαρκής για να δώσει την πλήρη εικόνα των ιδιοτήτων του εδάφους και της συμπεριφοράς αυτού κάτω από συνθήκες φόρτισης. Για παράδειγμα, μία φυσική σφαιρική άμμος συμπεριφέρεται τελείως διαφορετικά ως προς τη διατμητική αντοχή από μία θραυστή γωνιώδη άμμο ανεξάρτητα εάν έχουν την ίδια κοκκομετρική διαβάθμιση. Αντίστοιχη, είναι η συμπεριφορά μεταξύ ιλυωδών και αργιλικών εδαφών. Ο μηχανικός οδοποιίας, σε περιπτώσεις μεγάλων έργων (αυτοκινητόδρομοι, τεχνικά έργα οδοποιίας κλπ.) θα πρέπει να διερευνά πλήρως τη συμπεριφορά τέτοιων εδαφών για να είναι απόλυτα σίγουρος για την καλή μελλοντική συμπεριφορά της κατασκευής.

Μια περισσότερο κατατοπιστική ταξινόμηση (κατάταξη) των εδαφών που αναπτύχθηκε σχεδόν αποκλειστικά για έργα οδοποιίας, είναι αυτή κατά AASHTO. Παρόμοια είναι και η κατάταξη κατά ASTM η οποία αρχικά αναπτύχθηκε για κατασκευές οδοστρωμάτων αεροδρομίων και κατόπιν υιοθετήθηκε για όλα τα έργα οδοποιίας.

Μία βασική διαφορά μεταξύ των παραπάνω δύο συστημάτων κατάταξης εδαφών είναι ο ορισμός που χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό των εδαφών σε κοκκώδη και λεπτόκοκκα εδάφη. Κατά **AASHTO**, κοκκώδες θεωρείται το εδαφικό υλικό του οποίου τουλάχιστον το 65 % της μάζας των κόκκων συγκρατείται στο κόσκινο 0,075 mm (συνεπώς το ποσοστό της ιλύς και της αργίλου είναι μικρότερο του 35 %). Κατά **ASTM**, το ποσοστό διαχωρισμού είναι 50 % έναντι του 35 %. Έτσι, εδάφη με ποσοστό μάζας που διέρχεται από το κόσκινο 0,075 mm μεγαλύτερης του, 35 % ή 50 % αντίστοιχα, χαρακτηρίζονται

λεπτόκοκκα εδαφικά υλικά. Σε αντίθετη περίπτωση χαρακτηρίζονται ως κοκκώδη εδαφικά υλικά.

2.2 ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ

Υλικά φυσικών αποθέσεων είναι τα γνωστά χαλίκια, τα αμμοχάλικα ή η φυσική άμμος, που βρίσκονται σε ελαφρώς σταθεροποιημένη μορφή στις παλαιές κοίτες ή όχθες χειμάρρων, στα επίπεδα που δημιουργήθηκαν κατά τη μετά - παγετώνια περίοδο στις εκβολές ποταμών ή χειμάρρων ή σε παραλίες. Τα υλικά φυσικών αποθέσεων χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται ευρέως ως υλικά υποβάσεων και βάσεων. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων αφού προηγουμένως απαλλαγούν (με προκοσκίνισμα και πλύση) από το χώμα ή την ιλύ που πιθανόν περιέχουν και στην συνέχεια θραυστούν ώστε να αποκτήσουν την επιθυμητή κοκκομετρική διαβάθμιση.

Τα υλικά φυσικών αποθέσεων είναι χαλαρά γι' αυτό εξορύσσονται με τη βοήθεια εκσκαφέα ή ισχυρού φορτωτή. Τα αδρανή υλικά φυσικών αποθέσεων είναι μίγμα διάφορων πετρωμάτων κυρίως ασβεστολιθικών, ψαμμιτικών και γρανιτικών. Λόγω αυτής ακριβώς της σύνθεσής τους τα θραυστά χαλίκια έχουν καλύτερες μηχανικές ιδιότητες από αυτές των ασβεστολιθικών πετρωμάτων και θα πρέπει να προτιμούνται από τα ασβεστολιθικά για τάπητες κυκλοφορίας όταν βέβαια υπάρχει έλλειψη από άλλα σκληρότερα πετρώματα.

2.2.1 ΘΡΑΥΣΤΑ ΑΔΡΑΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα θραυστά αδρανή παράγονται σε λατομεία από διάφορα πετρώματα με κατάλληλες μηχανικές και χημικές ιδιότητες. Τα πετρώματα κατατάσσονται σε τρεις γενικές κατηγορίες:

- τα πυριγενή
- τα ιζηματογενή
- τα μεταμορφωσιγενή

Τα Πυριγενή πετρώματα είναι εκείνα τα πετρώματα, τα οποία δημιουργούνται μετά από τη στερεοποίηση του μάγματος(λάβα). Ανάλογα με την ταχύτητα ψύξης χαρακτηρίζονται ως χονδρόκοκκης υφής, όπως τα γρανιτικά πετρώματα (αποτελούνται κυρίως από άστριο και χαλαζία με χρώμα τεφρό μέχρι μαύρο. Είναι πέτρωμα όξινο, κρυσταλλικό, κοκκώδες, πολύ σκληρό, αδιαπέραστο από την υγρασία, δύσκολο στην κατεργασία και καλής στίλβωσης. Ο γρανίτης είναι ανθεκτικός στις καιρικές επιδράσεις και έχει μεγάλη διάρκεια ζωής), ή λεπτόκοκκης υφής, όπως ο Βασάλτης (είναι πέτρωμα ηφαιστειογενές και έχει προέλθει από στερεοποίηση λάβας ηφαιστειών. Έχει συνήθως χρώμα τεφρό σκούρο ή μαύρο. Είναι πάρα πολύ σκληρό πέτρωμα, αντέχει στην επίδραση του ατμοσφαιρικού αέρα, των καιρικών συνθηκών, αντέχει σε μεγάλες πιέσεις και αποχωρίζεται εύκολα σε πλάκες και σε στύλους. Ο βασάλτης χρησιμοποιείται για επίστρωση αυτοκινητόδρομων, για μυλόλιθους και για οικοδομικό υλικό. Ο Βασάλτης χρησιμοποιείται επίσης και στην τήξη μετάλλων μέσα σε υψικαμίνους. Στην Ελλάδα βασάλτη βρίσκουμε στη Μυτιλήνη, στα Μέθανα, στη Θεσσαλία και αλλού σε μικρότερες ποσότητες).

Τα Ιζηματογενή πετρώματα είναι εκείνα τα πετρώματα, τα οποία σχηματίζονται από απόθεση ή καταβύθιση υλικών που βρίσκονται σε αιώρηση ή διάλυση μέσα σε ένα ρευστό μέσο (νερό ή αέρα) και τη μετέπειτα συγκόλληση των υλικών που αποτέθηκαν. Χαρακτηρίζονται από τη στρώση των υλικών τους σε διαδοχικά επίπεδα και τα απολιθώματα, τα οποία βρίσκονται μόνο μέσα σε ιζήματα. Σχηματίστηκαν από τη στερεοποίηση ιζημάτων

που εναποτέθηκαν στον πυθμένα προϊστορικών θαλασσών. Τυπικά ιζηματογενή πετρώματα είναι: ο Ασβεστόλιθος (αποτελείται κυρίως από ασβεσίτη με ποικίλο χρώμα και σύσταση. Είναι πέτρωμα συμπαγές μέχρι πορώδες με καλή λείανση και κατεργάζεται εύκολα. Ο ασβεστόλιθος παρουσιάζει μικρή ανθεκτικότητα στη φωτιά, στα οξέα και στις καιρικές επιδράσεις). Είναι πολύ διαδεδομένο πέτρωμα και υπάρχει άφθονο στη χώρα μας ιδιαίτερα στη δυτική Ελλάδα, ο Δολομίτης (είναι πέτρωμα όμοιο με τον ασβεστόλιθο είναι βαρύτερος, σκληρότερος και περισσότερο εύθρυπτος από τον ασβεστόλιθο), ο Ψαμμίτης (είναι πετρώματα, τα οποία προέρχονται από τη συγκόλληση αμμωδών ιζημάτων ασβεστολιθικών, αργιλικών ή πυριτικών με ποικίλο χρώμα. Οι ψαμμίτες παρουσιάζουν μεγάλη σκληρότητα και ανθεκτικότητα στις καιρικές επιδράσεις, ανάλογα με τη σύστασή τους), ο γύψος κ.ά.

Τα Μεταμορφωσιγενή πετρώματα είναι πυριγενή ή ιζηματογενή πετρώματα που μεταμορφώθηκαν κάτω από υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Τέτοια πετρώματα είναι: ο σχιστόλιθος από αργιλικό σχιστόλιθο (είναι κρυσταλλικά πετρώματα, τα οποία προέρχονται από τη μεταμόρφωση αργιλικών σχιστόλιθων και αποτελούνται από χαλαζία μαρμαρυγία, γλωρίτη κ.ά. Έχουν ποικίλο χρώμα και είναι ανθεκτικοί στη φωτιά και στις καιρικές επιδράσεις), το μάρμαρο από ασβεστόλιθο (σχηματίστηκε από τη μεταμόρφωση ασβεστόλιθου και δολομίτη και έχει χρώμα, το οποίο ποικίλει από λευκό μέχρι μαύρο. Είναι πέτρωμα κρυσταλλοκοκκώδες, με καλή λείανση και λαξεύεται εύκολα. Το μάρμαρο δεν είναι ανθεκτικό στη φωτιά, ενώ η ανθεκτικότητά του στις καιρικές επιδράσεις ποικίλει ανάλογα με τη σύστασή του), ο χαλαζίτης από ψαμμόλιθο, ο γνεύσιος από γρανίτη κ.ά.

Τα περισσότερα πυριγενή και ορισμένα μεταμορφωσιγενή πετρώματα είναι συνήθως πολύ σκληρά πετρώματα από τα οποία εξάγονται άριστης ποιότητας θραυστά αδρανή για όλες τις στρώσεις των οδοστρωμάτων και ιδιαίτερα για τους τάπητες κυκλοφορίας. Από τα πλέον γνωστά ιζηματογενή πετρώματα είναι αυτά του ασβεστόλιθου και του δολομίτου, από τα οποία εξάγονται θραυστά αδρανή κατώτερης των πυριγενών ποιότητας που όμως είναι αποδεκτά για πολλές χρήσεις στην οδοστρωσία.

2.2.2 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ

Το σύνολο των αδρανών υλικών διακρίνεται σε χονδρόκοκκο υλικό, λεπτόκοκκο υλικό και παιπάλη. Χονδρόκοκκο αδρανές ορίζεται αυτό του οποίου οι κόκκοι συγκρατούνται στο κόσκινο των 4,75 mm (κόσκινο Νο 4) κατά τις Αμερικανικές προδιαγραφές AASHTO ή ASTM ή στο κόσκινο των 5,0 mm κατά τις Βρετανικές και Γερμανικές προδιαγραφές.

Λεπτόκοκκο αδρανές ορίζεται αυτό του οποίου οι κόκκοι διέρχονται από το κόσκινο των 4,75 mm ή 5,0 mm, (ανάλογα με τις προδιαγραφές), και συγκρατούνται στο κόσκινο των 75 mm (κόσκινο Νο 200). Το λεπτόκοκκο αδρανές έχει κοινώς διαστάσεις άμμου.

Παιπάλη ή φίλλερ ονομάζουμε υλικά, συνήθως αδρανή, σε λεπτότατο καταμερισμό τα οποία διέρχονται από το κόσκινο των 75 mm (κόσκινο Νο 200), έχουν δηλαδή μορφή σκόνης.

2.3 ΈΛΕΓΧΟΙ ΑΔΡΑΝΩΝ

Τα αδρανή υλικά, λόγω των πολλών πηγών προέλευσής τους, πρέπει να ελέγχονται σε ότι αφορά τις φυσικές και μηχανικές τους ιδιότητες. Έτσι γίνεται διερεύνηση της καταλληλότητας και ιεράρχηση των υλικών για την επιλογή του καλύτερου. Οι έλεγχοι των αδρανών μπορούν να ταξινομηθούν σε πέντε κύριες ομάδες:

- τους περιγραφικούς ελέγχους.
- τους μη καταστροφικούς ποιοτικούς ελέγχους.
- τους ελέγχους σκληρότητας και ανθεκτικότητας.
- τους ελέγχους καθαρότητας.
- τους ελέγχους πυκνότητας.

2.3.1 ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Οι έλεγχοι σκληρότητας και ανθεκτικότητας των αδρανών είναι καταστροφικοί ποιοτικοί έλεγχοι και απολύτως απαραίτητοι για τον έμμεσο καθορισμό της μηχανικής συμπεριφοράς αυτών κάτω από την καταστροφική επίδραση της κυκλοφορίας και της φθοράς που υφίστανται κατά την παραγωγή, τη διάστρωση και τη συμπύκνωση των ασφαλτομιγμάτων. Οι πλέον συνήθεις δοκιμές που εκτελούνται για τον καθορισμό και την ανθεκτικότητα των αδρανών είναι:

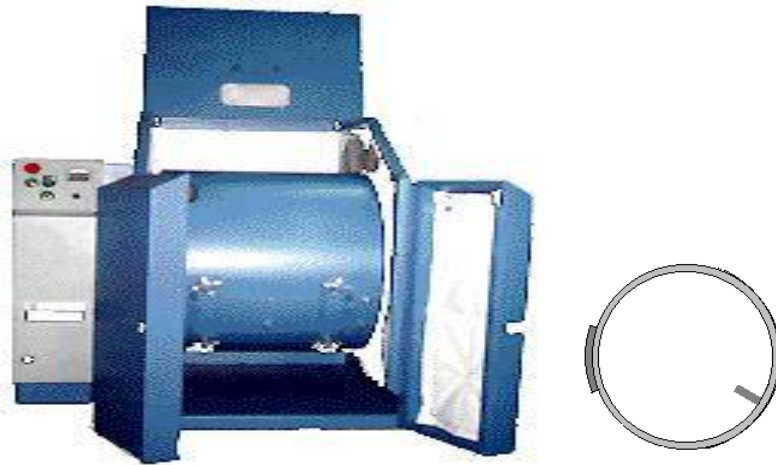
- αντίστασης σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles – ΕΛΟΤ EN 1097-2.
- αντίστασης σε στίλβωση.
- αντίστασης σε απότριψη.
- φθοράς σε θλίψη.
- φθοράς σε κρούση.
- ανθεκτικότητας σε αποσάθρωση (έλεγχος υγείας).

2.3.2 ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΤΡΙΒΗ ΚΑΙ ΚΡΟΥΣΗ ΚΑΤΑ LOS ANGELES

Η δοκιμή εκτελείται, σύμφωνα με τις αμερικάνικες προδιαγραφές AASHTO T - 96. Ο προσδιορισμός της αντοχής των αδρανών υλικών σε τριβή και κρούση με τη μηχανή Los Angeles επινοήθηκε και σχεδιάστηκε στο Εργαστήριο Δομικών της πόλης Los Angeles, θεωρείται η πιο κατάλληλη για τον προσδιορισμό της σκληρότητας, θραυστότητας και ποσοστό μαλακών τεμαχίων των αδρανών υλικών από οποιαδήποτε άλλη δοκιμή για τους παρακάτω λόγους:

- Η δράση επί των αδρανών είναι πολύ ισχυρή, ώστε να αποκαλύπτεται οποιαδήποτε αδυναμία του υλικού.
- Είναι κατάλληλη τόσο για τα θραυστά όσο και για τα φυσικά αδρανή.
- Η δοκιμή είναι αρκετά σύντομη.
- Δεν επηρεάζεται από τη μεταβολή του ειδικού βάρους των αδρανών, εξαιτίας της μεγάλης χωρητικότητας του κυλίνδρου της μηχανής.

Η μηχανή Los Angeles αποτελείται από ένα χαλύβδινο κύλινδρο, κλειστό στις βάσεις του, εσωτερικής διαμέτρου 71,12 cm και μήκους 50,80 cm. Η μηχανή στηρίζεται κατάλληλα ώστε να μπορεί να περιστρέφεται οριζόντια. Στην πλευρική επιφάνεια του κυλίνδρου υπάρχει θυρίδα από την οποία εισάγεται το δείγμα και η οποία κλείνει αεροστεγώς. Η θυρίδα είναι σχεδιασμένη έτσι που να διατηρεί την ίδια καμπυλότητα του κυλίνδρου. Στη εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου υπάρχει χαλύβδινη προεξοχή μήκους όσο και αυτό του κυλίνδρου, πλάτους 8,89 cm η οποία έχει την διεύθυνση της ακτίνας του κυλίνδρου.



Σχήμα 2.1 : Συσκευή Los Angeles

Τα χρησιμοποιούμενα κόσκινα πρέπει να είναι σύμφωνα με τις Πρότυπες Προδιαγραφές κοσκίνων A.A.S.H.O M - 92. Εντός της μηχανής εισάγονται χαλύβδινες σφαίρες διαμέτρου περίπου 4,75 cm και βάρους 390 - 445 gr η κάθε μία. Ο αριθμός καθώς και το συνολικό βάρος των σφαιρών που χρησιμοποιούνται εξαρτάται από τη διαβάθμιση του προς δοκιμή υλικού και δίνονται από τον παρακάτω πίνακα.

ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΦΑΙΡΩΝ	ΒΑΡΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΦΑΙΡΩΝ (gr)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
Γ	8	3330 ± 20
Δ	6	2500 ± 15

Πίνακας 2.2: Συνολικό βάρος των σφαιρών (gr)

Το δείγμα επιλέγεται από καθαρό αδρανές υλικό, αφού ξηραθεί αυτό στους 105 - 110 °C μέχρι σταθερού βάρους. Η ποσότητα του δείγματος όπως και η κατάλληλη διαβάθμιση επιλέγεται από τον πίνακα που ακολουθεί. Πρέπει δε η διαβάθμιση αυτή να είναι η πλησιέστερη του προ εξέταση αδρανούς.

Μέγεθος κοσκίνων		Βάρος ενδεδειγμένων μεγεθών σε gr			
Διερχόμενο	Συγκρατούμενο	Διαβάθμιση A	Διαβάθμιση B	Διαβάθμιση Γ	Διαβάθμιση Δ
1½ in	1 in	1250 ± 25			
1 in	¾ in	1250 ± 25			
¾ in	½ in	1250 ± 10	2500 ± 10		
½ in	3/8 in	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8 in	¼ in			2500 ± 10	
¼ in	No 4			2500 ± 10	
No 4	No 8				5000 ± 10
Ολικό Βάρος		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Πίνακας 2.3: Κατάλληλη διαβάθμιση

Το δείγμα μαζί με τον αντίστοιχο αριθμό σφαιρών εισάγονται στη μηχανή Los Angeles. Η μηχανή μπαίνει σε κίνηση με ταχύτητα 30 - 33 στροφών ανά λεπτό. Για τις διαβαθμίσεις Α, Β, Γ και Δ απαιτούνται 500 στροφές. Όταν συμπληρωθεί ο απαιτούμενος αριθμός στροφών παραλαμβάνεται το υλικό, το οποίο στη συνέχεια κοσκινίζεται από το κόσκινο Νο 12. Το συγκρατούμενο στο Νο 12 υλικό πλένεται, ξηραίνεται, μέχρι σταθερού βάρους, μέσα σε κλίβανο και σε θερμοκρασία 105 - 110 °C και στη συνέχεια ζυγίζεται με ακρίβεια 1 gr.

Με βάση τα αποτελέσματα της δοκιμής μπορούμε να χαρακτηρίσουμε ένα αδρανές υλικό ως σκληρό, μαλακό ή ενδιάμεσης σκληρότητας. Για παρασκευή σκυροδέματος ανθεκτικού σε επιφανειακή φθορά (βιομηχανικά δάπεδα, σκυρόδεμα οδοποιίας) ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος ορίζει τιμή Los Angeles όχι μεγαλύτερη από 40%. Για παρασκευή ασφαλτικού σκυροδέματος οι προδιαγραφές (Π.Τ.Π. Α 265) ορίζουν την χρήση αδρανών με φθορά μικρότερη του 40%. Για τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή βάσεων και υποβάσεων στην οδοποιία, οι ελληνικές προδιαγραφές (Π.Τ.Π. Α155 και 150) ορίζουν τιμή Los Angeles όχι μεγαλύτερη του 50.

2.3.3 ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΠΑΙΠΆΛΗΣ ASTM D – 2419

Ο ακριβής καθορισμός της ποσότητας της παιπάλης είναι ουσιαστικής σημασίας διότι η ύπαρξή της ή μη επηρεάζει άμεσα τη συμπεριφορά τόσο του ασφαλτομίγματος όσο και του μίγματος των αδρανών. Σε γενικές γραμμές, η περίσσεια παιπάλης είναι περισσότερο επιβλαβής από ότι η έλλειψη αυτής, που συνήθως είναι σπάνιο φαινόμενο.

Ειδικότερα, υψηλή περιεκτικότητα παιπάλης στα αδρανή, συμβάλλει:

- στην αύξηση του ποσοστού της ασφάλτου για την παραγωγή του ασφαλτομίγματος και του νερού για τη βέλτιστη συμπύκνωση,
- στη μείωση της εργασιμότητας του μίγματος,
- στην επιδείνωση της επικάλυψης των αδρανών με άσφαλτο,
- στη μείωση της ελαστικότητας και στην αύξηση της ευθραυστότητας του ασφαλτομίγματος και είναι η αιτία σβολιάσματος του μίγματος των αδρανών, που έχει ως επακόλουθο την παραγωγή ασφαλτομίγματος με ακάλυπτους από άσφαλτο κόκκους, ιδιαίτερα στα ψυχρά ασφαλτομίγματα.

Ο καθορισμός του ποσοστού της παιπάλης στα αδρανή ή στο μίγμα αυτών είναι απλούστατος και γίνεται με την πλύση των αδρανών υλικών. Η αντιπροσωπευτική ποσότητα αδρανών, αφού ξηραθεί, τοποθετείται σε σειρά κόσκινων. Η συστοιχία των κόσκινων τοποθετείται κάτω από νερό βρύσης και έτσι τα αδρανή ξεπλένονται. Όταν το εξερχόμενο από τα κόσκινα νερό καθαρίσει, σταματά η διαδικασία έκπλυσης και το σύνολο των αδρανών που παρακρατήθηκαν στα κόσκινα ξηραίνεται στους $110 \pm 50^\circ\text{C}$ και ξαναζυγίζεται. Η απώλεια βάρους από την αρχική ποσότητα εκφράζεται ως το ποσοστό της παιπάλης. Η δοκιμή αυτή τις περισσότερες φορές γίνεται ταυτόχρονα με τη δοκιμή καθορισμού της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών, διότι τα ξηρά και καθαρά αδρανή που προκύπτουν είναι έτοιμα για κοσκίνισμα.

2.3.4 ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΑΜΜΟΥ AASHTO T 176

Η δοκιμή του ισοδύναμου άμμου εκτελείται στο εργαστήριο ή το εργοτάξιο σε όλα τα αδρανή υλικά που προορίζονται για κατασκευή υποβάσεων, βάσεων και ασφαλτικών επιστρώσεων οδών όπως και για την παρασκευή σκυροδεμάτων. Η δοκιμή αυτή γίνεται για

να διαπιστωθεί η παρουσία επιβλαβών ποσοτήτων αργίλου στα αδρανή υλικά. Η παρουσία αργίλου στα αδρανή είναι ανεπιθύμητη γιατί προκαλεί διόγκωση μετά από κορεσμό του αδρανούς με νερό περιβάλλει τους κόκκους του αδρανούς με αποτέλεσμα να λειτουργεί ως λιπαντικό. Η δοκιμή γίνεται σε δείγμα υλικού διερχόμενο από το κόσκινο Νο 4 (άμμος) και υπολογίζεται η κατ' όγκο σχέση της ποσότητας της αργίλου προς την ποσότητα των κόκκων της άμμου.

Αποτελείται από τα παρακάτω όργανα :

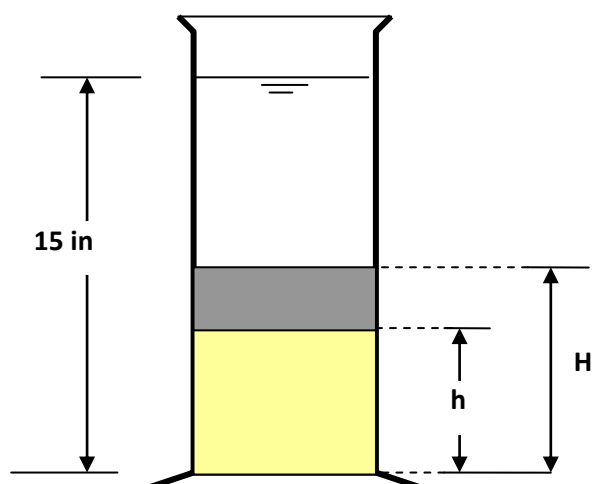
- Διαφανή πλαστικό σωλήνα, εσωτερικής διαμέτρου 1 1/4 in, βαθμολογημένο μέχρι τις 15 in.
- Ορειχάλκινο λεπτό σωλήνα που καταλήγει σε κωνική απόληξη που φέρει δύο οπές.
- Πλαστική φιάλη χωρητικότητας 3,785 lt.
- Πλαστικό λεπτό σωλήνα που συνδέει την φιάλη με τον ορειχάλκινο σωλήνα.
- Πιεστικό στέλεχος που αποτελείται από μεταλλική ράβδο που στη μια άκρη καταλήγει σε βάση κωνικού σχήματος και στην άλλη σε κυλινδρικό βαρίδι συνολικού βάρους 1 kg .
- Μεταλλικό κυλινδρικό δοχείο χωρητικότητας $85 \pm 5 \text{ cm}^3$.
- Πλαστικό χωνί.

Το υδατικό διάλυμα που χρησιμοποιείται περιέχει άνυδρο χλωριούχο ασβέστιο, γλυκερίνη, φορμαλδεΰδη. Το χλωριούχο ασβέστιο και η γλυκερίνη προστίθενται στο διάλυμα για να επιταχύνουν την καθίζηση των κόκκων της αργίλου, ενώ η φορμαλδεΰδη προστίθεται για αποστείρωση του διαλύματος.

Το υλικό παίρνεται από το διερχόμενο κόσκινο Νο 4, το οποίο έχει προηγουμένως ξηραθεί στους 105 °C περίπου. Αφού γεμίσουμε την πλαστική φιάλη με το διάλυμα δοκιμής και την τοποθετήσουμε στη βάση της (σε ύψος 90 cm από το τραπέζι εργασίας), μεταφέρουμε στον ογκομετρικό σωλήνα υγρό μέχρι την χαραγή των 4 in. Στη συνέχεια γεμίζουμε με το δείγμα το μεταλλικό δοχείο και το μεταφέρουμε στον σωλήνα με την βοήθεια του χωνιού. Κατόπιν χτυπούμε με τα χέρια ελαφριά τον πυθμένα του σωλήνα ώστε να φύγουν τυχόν φυσαλίδες που έχουν εγκλωβιστεί και να διαβραχεί πλήρως το δείγμα. Αφήνουμε το σωλήνα με το δείγμα σε ηρεμία για 10 λεπτά.

Αφού κλείσουμε τον σωλήνα με το ελαστικό πόμα τον τοποθετούμε στην ειδική συσκευή η οποία εκτελεί 90 παλινδρομικές κινήσεις σε 30 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια εισάγουμε στον κύλινδρο τον ορειχάλκινο σωλήνα προσέχοντας αυτός να φτάσει μέχρι τον πυθμένα του κυλίνδρου. Ανοίγοντας τη στρόφιγγα αφήνουμε να τρέξει το διάλυμα δοκιμής το οποίο ξεπλένει την άμμο από το αργιλώδες υλικό, το οποίο ανεβαίνει προς τα πάνω. Συνεχίζουμε την παραπάνω διαδικασία, προσέχοντας να ξεπλυθεί πλήρως η άμμος, μέχρι η στάθμη του υγρού να φτάσει στη χαραγή των 15 in. Ακολούθως, αφήνουμε το σωλήνα σε ηρεμία για 20 min και μετά διαβάζουμε το ύψος της αργίλου H. Εισάγουμε με προσοχή το πιεστικό στέλεχος και διαβάζουμε το ύψος της άμμου h.

Το Ισοδύναμο άμμου (S.E.) υπολογίζεται από τη σχέση: $S.E = (h/H) \times 100$



Σχήμα 2.2 : Ποσοστό Ισοδύναμου Άμμου

Όταν το πηλίκιο της διαίρεσης είναι δεκαδικός αριθμός, στρογγυλοποιείται στον προς τα πάνω ακέραιο αριθμό. Συνήθως η δοκιμή εκτελείται σε 3 δείγματα και ως τιμή του Ισοδύναμου Άμμου λαμβάνεται ο μέσος όρος των τριών δοκιμών, στρογγυλεμένος στον προς τα πάνω ακέραιο αριθμό. Υψηλή τιμή του Ισοδύναμου άμμου σημαίνει υλικό με ελάχιστη περιεκτικότητα σε άργιλο. π.χ. άμμος ποταμού ή θαλάσσης. Η τιμή του Ισοδύναμου Άμμου (S.E.) των αδρανών, ανάλογα με τη χρήση τους, πρέπει να έχει τιμές μέσα στα όρια του παρακάτω πίνακα.

Κατηγορία αδρανών	Ελάχιστη τιμή S.E.
Υλικά κατασκευής ασφαλτικών σκυροδεμάτων σε κλειστές εγκαταστάσεις. (Π.Τ.Π. Α265) Αδρανή σκυροδεμάτων (ΕΛΟΤ 408)	55
Εξαιρετικών απαιτήσεων ή σε εξαιρετικά δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος.	75
Επιμελημένης παραγωγής ή σε δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος.	70
Συνήθεις συνθήκες περιβάλλοντος.	65

Πίνακας 2.4 : Ελάχιστες Τιμές Ισοδύναμου άμμου για διάφορες εργασίες

2.3.5 ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ (έλεγχος υγείας)

Με την μέθοδο αυτή προσδιορίζεται η ανθεκτικότητα των αδρανών υλικών σε αποσάθρωση με κεκορεσμένα διαλύματα νατρίου ή θειϊκού μαγνησίου. Η μέθοδος αυτή παρέχει χρήσιμα στοιχεία για την εκτίμηση της υγείας των αδρανών από την επίδραση των καιρικών συνθηκών. Εφιστάται η προσοχή στο γεγονός ότι τα αποτελέσματα των δοκιμών με τη χρησιμοποίηση του ενός ή του άλλου άλατος, διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους και πρέπει να λαμβάνεται βοήθεια για τον καθορισμό των καταλλήλων ορίων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών.

Τα κόσκινα θα είναι τετραγωνικών οπών των ακολούθων μεγεθών, σύμφωνα με την Πρότυπη Προδιαγραφή Εργαστηριακών κοσκίνων δοκιμών (A.A.S.H.O M 92), για την κοσκίνιση των δειγμάτων.

Σειρά λεπτών κόσκινων	Σειρά χονδρών κόσκινων
No 100	5/16 in
No 50	3/8 in
No 30	1/2 in
No 16	5/8 in
No 8	3/4 in
No 5	1 in
No 4	1 ¼ in
	1 ½ in
	2
	2 ½ in
	Μεγαλύτερα μεγέθη διαφέροντα κατά ½ in

Πίνακας 2.5 : Πρότυπη Προδιαγραφή Εργαστηριακών κόσκινων

Οι υποδοχείς είναι κατασκευασμένοι από υλικά που δεν προσβάλλονται από την χρησιμοποίηση θειικού διαλύματος και χρησιμοποιούνται για την εμφάνιση των δειγμάτων των αδρανών υλικών μέσα στο διάλυμα. Ο όγκος του διαλύματος, μέσα στο οποίο θα βαπτίζονται τα δείγματα, πρέπει να είναι τουλάχιστον πενταπλάσιος του όγκου του δείγματος. Σαν υποδοχείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάλαθοι κατασκευασμένοι από συρμάτινα πλέγματα κατάλληλων βροχίδων ή κόσκινα κατάλληλων οπών. Για την ζύγιση του λεπτόκοκκου αδρανούς υλικού πρέπει να χρησιμοποιείται ζυγός ικανότητας όχι μικρότερης των 500gr και ευαισθησίας τουλάχιστον 1gr. Ο κλίβανος πρέπει να έχει την ικανότητα να διατηρεί την θερμοκρασία μεταξύ 105 και 110 ° C και η ταχύτητα εξάτμισης κατά μέσο όρο θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 25 gr / h.

Η προσομοίωση της μεταβολής του όγκου των αδρανών γίνεται με την κρυσταλλοποίηση αλάτων θειικού νατρίου ή θειικού μαγνησίου κατά τη φάση της ξήρανσης των κορεσμένων αδρανών. Τα αδρανή εμφάνίζονται για 16-18 ώρες σε διάλυμα θειικού νατρίου ή μαγνησίου και κατόπιν ξηραίνονται σε θερμοκρασία 110 ± 50 °C. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται πέντε συνήθως φορές. Μετά το πέρας των επαναλαμβανόμενων βυθίσεων και του στεγνώματος τα αδρανή ξεπλένονται με νερό θερμοκρασίας 43 ± 6 °C έτσι ώστε να φύγει όλο το θειικό μαγνήσιο ή νάτριο. Τα ξεπλυμένα αδρανή ξηραίνονται στους 110 ± 50 °C και κατόπιν κοσκινίζονται χρησιμοποιώντας τα ίδια κόσκινα που χρησιμοποιήθηκαν κατά το στάδιο της προετοιμασίας του μίγματος των αδρανών για την εκτέλεση της δοκιμής. Η απώλεια βάρους ανά κόσκινο λόγω της φθοράς που επήλθε, καταγράφεται και εκφράζεται επί τις εκατό. Η ποσοστιαία φθορά ανά κόσκινο διορθώνεται με βάση την αρχική διαβάθμιση των αδρανών και το αλγεβρικό άθροισμα των διορθωμένων τιμών εκφράζει την ανθεκτικότητα των αδρανών σε αποσάθρωση.

Το ποσοστό της φθοράς (απώλεια βάρους) εξαρτάται τόσο από το είδος του άλατος που θα χρησιμοποιηθεί όσο και από το μέγεθος των κόσκων των αδρανών. Οι επιτρεπτές τιμές για να χαρακτηριστεί ένα πέτρωμα υγιές και κατάλληλο για οδοστρωσία και παραγωγή ασφαλτομιγμάτων είναι:

- όταν χρησιμοποιείται διάλυμα θειικού μαγνησίου για χονδρόκοκκα αδρανή < 18% και για λεπτόκοκκα αδρανή < 20%.
- όταν χρησιμοποιείται διάλυμα θειικού νατρίου για χονδρόκοκκα αδρανή < 12% και για λεπτόκοκκα αδρανή < 15% . Η δοκιμή μπορεί επίσης να εκτελεστεί σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 1367-2:1998.

2.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Τα ασφαλτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην οδοποιία είναι υδρογονανθρακούχα υλικά φυσικής ή πυρογενούς προέλευσης, με συγκολλητικό χαρακτήρα. Στα υδρογονανθρακούχα αυτά υλικά περιλαμβάνονται οι άσφαλτοι και οι πίσσες. Οι άσφαλτοι βρίσκονται στην φύση σε καθαρή κατάσταση ή με ανάμειξη με διάφορες ανόργανες ουσίες ή προέρχονται από την διύλιση πετρελαίου. Οι πίσσες είναι υδρογονανθρακούχα αποστάγματα του λιθάνθρακα και του ξύλου. Διακρίνονται σε υγρόπισσες ή αργές πίσσες και σε ξηρόπισσες ή οδόπισσες.

Η πετρελαϊκή άσφαλτος είναι το υπόλειμμα της αποστάξεως του αργού πετρελαίου. Τα προϊόντα που λαμβάνονται είναι βενζίνη, καθαρό πετρέλαιο, πετρέλαιο Diesel, λιπαντικά έλαια και υπόλειμμα που είναι η άσφαλτος. Η οξειδωμένη άσφαλτος είναι σκληρή, έχει ελαστικότητα και επηρεάζεται λίγο από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Χρησιμοποιείται για την πλήρωση αρμών και για την παρασκευή στεγανωτικών υλικών.

Για να διατηρεί τις συνδετικές ιδιότητες της η άσφαλτος πρέπει να παραμείνει πλαστική. Η άσφαλτος λέμε ότι έχει γεράσει όταν εκτίθεται με μορφή λεπτού υμένα στις καιρικές επιδράσεις με αποτέλεσμα να χάσει μέρος της πλαστικότητας της και να γίνει εύθραυστη. Το γέραςμα της ασφάλτου προκαλείται κυρίως από την οξείδωση και από την απώλεια των πτητικών συστατικών της με μικρή άνοδο της θερμοκρασίας και γι' αυτό πρέπει να αποφεύγεται η υπερθέρμανση των ασφαλτικών υλικών έστω και για λίγους βαθμούς. Επίσης, η άσφαλτος στις κατασκευές δέχεται και την επίδραση του φωτός επιφανειακά πράγμα που προκαλεί επιτάχυνση της οξείδωσης. Η επιφανειακή οξείδωση επιδρά σημαντικά στο γέραςμα των ελαφρών επαλείψεων.

2.5 ΜΟΡΦΕΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Σε όλα τα σοβαρά έργα πρέπει να χρησιμοποιείται θερμή (καθαρή) άσφαλτος που εξασφαλίζει κατασκευή καλύτερης ποιότητας, μεγαλύτερη φέρουσα ικανότητα και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Στις περιοχές που έχουν ψυχρό κλίμα χρησιμοποιείται συνήθως μαλακή άσφαλτος, ενώ σε θερμότερα κλίματα χρησιμοποιείται σχετικά σκληρή άσφαλτος. Η άσφαλτος μπορεί να χρησιμοποιείται και με μορφή ασφαλτικών διαλυμάτων ή ασφαλτικών γαλακτωμάτων. Οι διάφοροι τύποι της ασφάλτου πρέπει να έχουν ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά μέσα σε όρια προδιαγραφών. Πέρα από την άσφαλτο η οποία χρησιμοποιείται με τις κλασσικές μεθόδους σε συνδυασμό με αδρανή υλικά, έχουμε σήμερα στη διάθεσή μας και χρησιμοποιούμε άσφαλτο σε συνδυασμό με άλλα εκτός των αδρανών υλικά.

Αυτοί οι νέοι τύποι ασφάλτου φαίνονται να έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα και βρίσκουν συνεχώς και νέα πεδία εφαρμογής. Εμείς θα αναφερθούμε στην τροποποιημένη άσφαλτο η οποία είναι ένας τύπος ασφάλτου.

2.5.1 ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΣΦΑΛΤΟΣ

Η τροποποιημένη άσφαλτος, ευρύτερα γνωστή μέσω του ακρωνυμίου PMB (Polymer Modified Bitumen), είναι μια εξελιγμένη τεχνολογικά άσφαλτος, η οποία χρησιμοποιείται σε έργα υψηλών απαιτήσεων. Η έρευνα και η ανάπτυξη για τη δημιουργία της τροποποιημένης ασφάλτου, προήλθε κυρίως από την ανάγκη της δημιουργίας μιας νέας προδιαγραφής

ασφάλτου, η οποία να πληρεί μια σειρά υψηλών απαιτήσεων, οι βασικότερες των οποίων είναι:

- Η μακροβιότητα της, προκειμένου να αποφεύγονται οι συνεχείς παρεμβάσεις επιδιόρθωσης σε ασφαλτοτάπητες
- Η αντοχή της σε υψηλών απαιτήσεων εφαρμογές (αεροδρόμια, πίστες αγώνων, γέφυρες κ.λ.π.)
- Η ασφάλεια που θα πρέπει να εξασφαλίζει η χρήση της (υδρολίσθηση, πρόσφυση κ.λ.π.)
- Υψηλότερη δυνατότητα συνοχής της με τα αδρανή υλικά που συνεπάγεται ένα ιδιαίτερα συμπαγές οδόστρωμα

Πέρα από τα παραπάνω, η εφαρμογή της έχει σαν επακόλουθο και μια σειρά από παρεπόμενα, τα βασικότερα των οποίων είναι η εξοικονόμηση πρώτων υλών και το μακροπρόθεσμο οικονομικό όφελος που ουσιαστικά προέρχεται από τη μειωμένη ανάγκη συντήρησής της (η σχέση ως προς το κόστος συντήρησης με χρήση τροποποιημένης αντισυμβατικής ασφάλτου είναι περίπου 1/3, δηλαδή είναι τρεις φορές μακροβιότερο από αυτό που πήραμε για την προανάμιξη με τη συμβατική ασφαλτο).

Η τροποποιημένη ασφαλτος είναι το προϊόν της ανάμιξης της βασικής ασφάλτου με ειδικά θερμοπλαστικά ελαστομερή προσθετικά καθώς και με άλλα υλικά, σε περιορισμένες εφαρμογές, π.χ. PVC (πολυχλωριούχο βινύλιο), PE (Πολυαιθυλένιο), EVA (οξικό πολυβινύλιο), SBS (Στυρένιο Βουταδιένιο Στυρένιο), ίνες κυτταρίνης κλπ. Οι βασικές ιδιότητες της ασφάλτου μπορούν να τροποποιηθούν με την προσθήκη πολυμερών, τα οποία διαφοροποιούν τις φυσικές ιδιότητές της προς το καλύτερο. Τα πολυμερή προσθετικά δεν διαφοροποιούν χημικά τη χημική σύσταση της ασφάλτου, είναι όμως ικανά να τροποποιήσουν φυσικές ιδιότητες όπως το σημείο μάλθωσης και ευθραυστότητας της ασφάλτου.

Τα πιο γνωστά θερμοπλαστικά πολυμερή που χρησιμοποιούνται στην τροποποίηση της ασφάλτου είναι το SBS και το EVA.

SBS (Στυρένιο Βουταδιένιο Στυρένιο)

Αυτό είναι ένα θερμοπλαστικό καουτσούκ. Το SBS είναι ένα πολυμερές που χρησιμοποιείται στην τροποποίηση της ασφάλτου παρόλο που αρχικά κατασκευάστηκε για τη χρησιμοποίησή του στην παραγωγή των ελαστικών σόλων παπουτσιών.

EVA (Οξικό Βινυλεθυλένιο)

Το EVA δεν θεωρείται μέλος της ομάδας των θερμοπλαστικών καουτσούκ αλλά έχει θερμοπλαστική φύση. Το EVA και το SBS, αυξάνει την ακαμψία της ασφάλτου, αλλά σε πολλές περιπτώσεις λόγω της διαφορετικής του ψύξης είναι γνωστό ότι προκαλεί ξέφτισμα του οδοστρώματος κατά την εφαρμογή.

Στην Ελλάδα η τροποποιημένη ασφαλτος με πολυμερή όπως το SBS και το EVA χρησιμοποιείται στην κατασκευή οδοστρωμάτων αεροδρομίων και δρόμων υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Ο λόγος γι' αυτό, είναι οι βελτιωμένες φυσικές ιδιότητες που έχει αυτού του είδους η τροποποιημένη ασφαλτος.

2.6 ΑΣΦΑΛΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Οι ασφαλτικές εργασίες κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- Ασφαλτικές επαλείψεις.
- Ασφαλτικές στρώσεις με εμποτισμό.
- Ασφαλτικές στρώσεις με ασφαλτόμιγμα.
- Ασφαλτικές στρώσεις με ασφαλτικό σκυρόδεμα.

Πριν αρχίσουμε οποιαδήποτε ασφαλτική εργασία πρέπει:

- Να συγκρίνουμε την διατομή με την συμβατική και να επισκευάσουμε τις φθορές.
- Να κάνουμε έλεγχο στα αδρανή και στην ασφαλτική ύλη που θα χρησιμοποιήσουμε.
- Να καθαρίσουμε την επιφάνεια.
- Να κάνουμε έλεγχο στις καιρικές συνθήκες αν είναι οι κατάλληλες.

Σαν ασφαλτική επάλειψη εννοούμε την διάχυση ασφαλτικού υλικού στην επιφάνεια του οδοστρώματος και στην συνέχεια διάστρωση και κυλίνδρωση ψηφίδων ή άμμου πάνω σε αυτή.

Η ασφαλτική επάλειψη γίνεται για:

- Στεγανοποίηση της επιφάνειας.
- Παρεμπόδιση σχηματισμού αυλακώσεων, σκόνης και διαβρώσεως της επιφάνειας.
- Ανανέωση παλιάς ασφαλτικής οδού ή μόνιμη βελτίωση. Για να είναι αποτελεσματική η επάλειψη πρέπει το οδόστρωμα να μην έχει κυματώσεις και να είναι σταθεροποιημένο.

Υπάρχουν δύο είδη ασφαλτικών επαλείψεων:

- Απλή ασφαλτική επάλειψη
- Διπλή ασφαλτική επάλειψη

2.7 ΑΣΦΑΛΤΙΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Σαν ασφαλτικό σκυρόδεμα ορίζουμε ένα ομοιογενές μίγμα που παρασκευάζεται σε μόνιμη εγκατάσταση με ανάμιξη θερμών και ξηρών αδρανών χονδρόκοκκων, λεπτόκοκκων και παιπάλης μαζί με θερμή καθαρή άσφαλτο σαν συνδετικό. Το ασφαλτικό σκυρόδεμα χαρακτηρίζεται από την επιμελημένη και πυκνή σύνθεση του με ανοχές και όρια πολύ αυστηρά. Το ασφαλτικό σκυρόδεμα προορίζεται για την κατασκευή στρώσεων κυκλοφορίας, συνδετικών και ισοπεδωτικών. Τα ασφαλτικά σκυροδέματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός από την κατασκευή οδών και για την κατασκευή αεροδρομίων ή για έργα στεγανοποίησης. Οι στρώσεις του ασφαλτικού σκυροδέματος πρέπει να έχουν πάχος τουλάχιστον 1,5 φορές την διάμετρο του μέγιστου κόκκου του αδρανούς υλικού. Οι επιστρώσεις του ασφαλτικού σκυροδέματος πρέπει να εδράζονται σε ευσταθές υπόστρωμα. Πιθανές παραμορφώσεις του υποστρώματος και κυρίως υποχωρήσεις μπορούν να επεκταθούν μέχρι την επιφάνεια του οδοστρώματος με αποτέλεσμα την εμφάνιση ρωγμών στην ασφαλτική επίστρωση.

Στρώση κυκλοφορίας ονομάζουμε την ανώτερη στρώση του ασφαλτικού σκυροδέματος που δέχεται την επίδραση της κυκλοφορίας. Το πάχος της συνήθως δεν είναι μεγαλύτερο των 5 εκατοστών. Παρουσιάζει μεγάλη ευστάθεια, υδατοστεγανότητα, ανθεκτικότητα στις καιρικές επιδράσεις και αντοχή στην φθορά που προέρχεται από την κυκλοφορία και δεν έχει ανάγκη από σφραγιστικές επαλείψεις για προστασία.

Στρώση συνδετική ονομάζουμε την στρώση από ασφαλτικό σκυρόδεμα που είναι κάτω από την στρώση κυκλοφορίας και συνδέει την επιφανειακή στρώση με την από κάτω κατασκευή. Επειδή οι απαιτήσεις για την συνδετική στρώση δεν είναι μεγάλες επιτρέπεται η χρήση μαλακών αδρανών και μικρού ποσοστού ασφάλτου. Η συνδετική στρώση έχει λιγότερο πυκνή σύνθεση από την στρώση κυκλοφορίας.

Στρώση ισοπεδωτική ονομάζουμε την στρώση από ασφαλτικό σκυρόδεμα με μεταβλητό πάχος που χρησιμοποιείται για να εξαλείψει τις ανωμαλίες της επιφάνειας του οδοστρώματος και να προσαρμόζει το οδόστρωμα στο προγραμματισμένο σχήμα. Επάνω σ' αυτή κατασκευάζεται στην συνέχεια η από ασφαλτικό σκυρόδεμα επίστρωση. Οι απαιτήσεις για την ισοπεδωτική στρώση δεν διαφέρουν των απαιτήσεων της συνδετικής στρώσεως.

Σαν συνδετικό υλικό του ασφαλτικού σκυροδέματος χρησιμοποιούμε αποκλειστικά καθαρή άσφαλτο τύπου:

- 50/60 : Για την κατασκευή επιστρώσεων από ασφαλτικό σκυρόδεμα με μικρή αναλογία αδρανούς σκελετού (διάσταση κόκκων μεγαλύτερη των 3mm). Χρησιμοποιείται επίσης και στις περιπτώσεις, που χρειάζεται μεγάλη ευστάθεια ασφαλτομίγματος.
- 60/70 : Ίδια χρήση με την άσφαλτο τύπου 50/60.
- 80/100 : Για συγκολλητικές επαλείψεις, απλές και πολλαπλές επιφανειακές επεξεργασίες, εμποτισμός σκυρωτών, κατασκευή επιστρώσεων από ασφαλτικό σκυρόδεμα με μεγάλη αναλογία αδρανούς σκελετούς (διάσταση κόκκων μεγαλύτερη των 2mm).
- 120/150 : Για συγκολλητικές επαλείψεις, απλές και πολλαπλές επιφανειακές επεξεργασίες, εμποτισμός σκυρωτών, κατασκευή επιστρώσεων με ασφαλτόμιγμα ανοιχτής συνθέσεως, που παρασκευάζεται σε μόνιμη εγκατάσταση και την παρασκευή ασφαλτικών γαλακτωμάτων.
- 180/220 : Για επιφανειακές επεξεργασίες, εμποτισμός σκυρωτών και για την παρασκευή ασφαλτικών γαλακτωμάτων.

Ο ενδεδειγμένος τύπος ασφάλτου καθορίζεται από την υπηρεσία ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής του έργου, της συνθέσεως του ασφαλτικού του είδους και της φέρουσας ικανότητας της υποδομής, των φορτίων και χαρακτηριστικών της κυκλοφορίας. Το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου, που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στο ασφαλτόμιγμα, προσδιορίζεται με την μέθοδο Marshall.

Το ασφαλτικό σκυρόδεμα (που αναφέρεται μερικές φορές ως ασφαλτικό σκυρόδεμα εν θερμό ή απλά ασφαλτόμιγμα) είναι ένα υλικό επίστρωσης που αποτελείται από την συνδετική άσφαλτο και τα αδρανή υλικά. Η συνδετική άσφαλτος κολλά τα αδρανή υλικά για να διαμορφώσει μαζί ένα σταθερό, σχετικά δύσκαμπτο υλικό. Όταν κατάλληλα δεσμεύονται μαζί από τη συνδετική άσφαλτο, τα αδρανή υλικά διαμορφώνουν το δομικό πλαίσιο που παρέχει τη δύναμη και την ανθεκτικότητα του ασφαλτομίγματος. Δεδομένου ότι το ασφαλτόμιγμα είναι ένα μίγμα δύο υλικών, η μακροπρόθεσμη απόδοση του μίγματος

υπαγορεύεται από τα χαρακτηριστικά των μεμονωμένων συστατικών, καθώς επίσης και, πώς αντιδρούν το ένα με το άλλο στο μίγμα.

2.7.1 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΑΣΦΑΛΤΟΥ ΩΣ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Υπάρχουν διάφορα χαρακτηριστικά της συνδετικής ασφάλτου που μπορούν να έχουν σε μεγάλο βαθμό επιπτώσεις στην απόδοση του ασφαλτομίγματος. Δύο από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που διαδραματίζουν έναν σημαντικό ρόλο στο ασφαλτόμιγμα είναι:

- Ιξώδης / Ελαστική συμπεριφορά.
- Οξείδωση

Ιξώδης / Ελαστική συμπεριφορά

Η ασφαλτος είναι ένα υλικό που μπορεί να ενεργήσει και ως ιξώδες ρευστό υλικό και ως ελαστικό στερεό (λαστιχένια περιοχή) υλικό. Στις υψηλές θερμοκρασίες (μεγαλύτερες από 100 °C), η ασφαλτος συμπεριφέρεται βασικά ως ιξώδες ρευστό παρόμοιο με το πετρέλαιο κινητήρων. Αυτό επιτρέπει στην ασφαλτος να ενεργήσει ως λιπαντικό που ντύνει τα αδρανή υλικά και παρέχει εργασιμότητα στο μίγμα κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (λιγότερο από 0 °C), συμπεριφέρεται όπως ένα ελαστικό στερεό που θα τεντωθεί ή θα συμπιεστεί όταν φορτώνεται και επιστρέφει στην αρχική μορφή του όταν ξεφορτώνεται. Στις ενδιάμεσες θερμοκρασίες που συμβαίνει επίσης να είναι εκείνοι στους οποίους το οδόστρωμα αναμένεται να λειτουργήσει τις περισσότερες φορές, η ασφαλτος έχει τα χαρακτηριστικά και ενός ιξώδους ρευστού και ενός ελαστικού στερεού.

Οξείδωση

Το ασφαλτικό τσιμέντο αντιδρά με το οξυγόνο στο περιβάλλον. Αυτή η αντίδραση, που καλείται οξείδωση, αλλάζει τη δομή και τη σύνθεση των μορίων ασφάλτου. Το αποτέλεσμα αυτής της αλλαγής στη δομή κατά τη διάρκεια του χρόνου είναι ότι ο ασφαλτικός σύνδεσμος γίνεται σκληρότερος και πιο εύθραυστος (μερικές φορές αναφέρετε ως ηλικία σκλήρυνσης). Η οξείδωση εμφανίζεται γρηγορότερα στις υψηλότερες θερμοκρασίες. Γι' αυτό ένα σημαντικό ποσό σκλήρυνσης εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της παραγωγής ασφαλτομίγματος όταν ο ασφαλτικός σύνδεσμος θερμαίνεται για να διευκολύνει τη μίξη και τη συμπίεση. Το πάχος στρώσεων της ασφάλτου που περιβάλλει τα αδρανή υλικά επηρεάζει το ποσοστό οξείδωσης. Το εξωτερικό στρώμα όλης της συνδετικής ασφάλτου θα οξειδωθεί. Επομένως, η απόδοση της συνδετικής ασφάλτου θα καθοριστεί από το αποτελεσματικό πάχος στρώσεων που είναι το μη οξειδωμένο τμήμα της στρώσης ασφάλτου. Εάν το πάχος στρώσεων είναι ανεπαρκές, θα υπάρξει ένα ανεπαρκές ποσό μη οξειδωμένης ασφάλτου διαθέσιμο για να δεσμεύσει τα αδρανή υλικά μαζί.

2.7.2 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα αδρανή υλικά καθορίζονται γενικά ως κοκκώδη ορυκτά συντρίμματα. Αν και υπάρχουν πολλές πηγές αδρανών υλικών συμπεριλαμβανομένων των φυσικών αποθέσεων άμμου και αμμοχάλικου, τα συνθετικά αδρανή υλικά και ο συντριμμένος βράχος από τα ανακυκλωμένα οδοστρώματα, η πλειοψηφία των αδρανών υλικών που χρησιμοποιείται σε ασφαλτόμιγμα είναι από εξορυγμένο βράχο που υποβάλλεται σε επεξεργασία μέσω εξοπλισμού συντριβής και διαλογής.

Ανεξάρτητα από την πηγή, τα αδρανή υλικά πρέπει να είναι σε θέση να παρέχουν έναν ισχυρό, πέτρινο σκελετό που να μπορεί να αντισταθεί στα εφαρμοσμένα φορτία των οχημάτων. Τα αδρανή υλικά έχουν πολλές ιδιότητες που μπορούν να καθορίσουν την απόδοση συμπεριλαμβανομένης της απορρόφησης και της περιεχόμενης αργίλου. Ακόμα, υπάρχουν δύο ιδιότητες που θα έχουν συνήθως την πιο δραματική επίδραση στη δυνατότητα ενός οδοστρώματος να αντισταθεί στα εφαρμοσμένα φορτία των οχημάτων:

- Διαβάθμιση κόκκων
- Μορφή /σύσταση κόκκων

Διαβάθμιση κόκκων

Η διαβάθμιση, που καθορίζεται από μια μηχανική ανάλυση κόσκινων, αναφέρεται στην διανομή των διαφορετικών μεγεθών κόκκων που βρίσκονται σε ένα δείγμα αδρανών υλικών. Τα αδρανή υλικά που περιέχουν τους συνήθως μεγαλύτερου μεγέθους κόκκους (χονδρόκοκκη διαβάθμιση) θα έχουν χαρακτηριστικά ισχυρότερα από την υλική σύσταση των μικρότερων μεγέθους αδρανών υλικών (λεπτόκοκκη διαβάθμιση).

Μορφή /σύσταση κόκκων

Η μορφή των κόκκων αναφέρεται στο αν οι κόκκοι είναι κυβικοί ή στρογγυλεμένοι και η σύσταση αναφέρετε στο αν είναι ομαλή ή τραχύς αδρανή υλικά που έχουν υποβληθεί σε επεξεργασία μέσω του εξοπλισμού συντριβής και διαλογής τείνουν να ενωθούν μαζί καλύτερα από τα στρογγυλεμένα ομαλά αδρανή υλικά και με συνέπεια η μάζα του υλικού να είναι ανθεκτικότερη στα εφαρμοσμένα φορτία.

2.8 ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΑ

Το ασφαλτόμιγμα είναι ένας συνδυασμός ενός ομοιόμορφου μίγματος αδρανών με άσφαλτο. Για να ξηράνουμε τα αδρανή και για να αποκτήσει η άσφαλτο την απαιτούμενη ρευστότητα, ώστε να μπορούμε να ανακατέψουμε αυτά τα δύο πρέπει να τα θερμάνουμε. Αφού γίνει αυτό μπορούν να συνδυαστούν σε κατάλληλη αναλογία κι έτσι να προκύψει το ασφαλτόμιγμα. Μετά το ζεστό ασφαλτόμιγμα μεταφέρεται στο χώρο της διάστρωσης και με κατάλληλο μηχάνημα στρώνεται στο δρόμο και συμπτυκνώνεται.

2.8.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ

Ο σχεδιασμός ασφαλτομίγματος γίνεται με μεθόδους εμπειρικούς. Η χρήση αυτών οφείλεται στο ότι έχουν επαληθευτεί πάνω στο πεδίο εφαρμογής. Οι μέθοδοι σχεδιασμού ασφαλτομίγματος που εφαρμόζονται φέρνουν αποδεκτά αποτελέσματα εδώ και πολλά χρόνια, η μέθοδος Marshall εφαρμόζεται ουσιαστικά από το 1943 και υπάρχει στο A.S.T.M. από το 1958. Ένα καταλλήλως σχεδιασμένο ασφαλτόμιγμα για εφαρμογή ασχέτως την μέθοδο σύνθεσης που έχουμε χρησιμοποιήσει πρέπει να έχει τις παρακάτω επιθυμητές ιδιότητες:

- Ευστάθεια.
- Ανθεκτικότητα .
- Ευκαμψία.
- Αντοχή στην κόπωση.
- Αντοχή στην ολίσθηση.

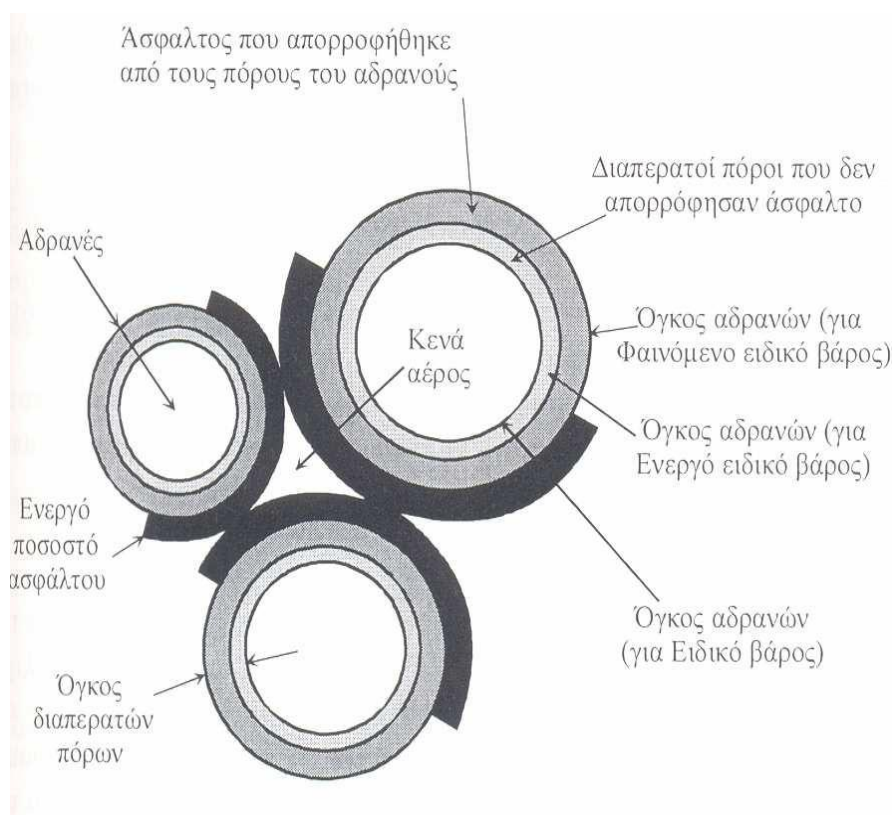
- Διαπερατότητα.
- Εργασιμότητα.

2.8.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ

Αναλύοντας ένα συμπυκνωμένο ασφαλτόμιγμα για τα κενά αέρος του, για τα κενά των αδρανών και για το ποσοστό ασφάλτου παίρνουμε μερικές ενδείξεις για την συμπεριφορά του με την πάροδο του χρόνου. Η αποτελεσματικότητα της συμπύκνωσης ενός ασφαλτομίγματος για οδόστρωμα είτε κατά την διάρκεια της κατασκευής του ή μετά από χρόνια χρήση του μπορεί να προσδιοριστεί με τη σύγκριση των ειδικών βαρών του ασφαλτομίγματος. Τρία ειδικά βάρη χρησιμοποιούνται όταν αναλύουμε ένα ασφαλτόμιγμα. Το μικτό ειδικό βάρος (G_{sb}), το φαινόμενο ειδικό βάρος (G_{sa}) και το ωφέλιμο ειδικό βάρος (G_{se}).

Το Asphalt Institute προτείνει ότι τα κενά των συμπυκνωμένων αδρανών πρέπει να υπολογίζονται με το μικτό ειδικό βάρος (G_{sb}). Επίσης το μικτό ειδικό βάρος μαζί με το ποσό της ασφάλτου που απορροφάται από τα αδρανή όπου πρέπει να είναι η βάση για τον υπολογισμό των κενών αέρος του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος. Το ωφέλιμο ποσοστό ασφάλτου (P_{be}) του ασφαλτομίγματος είναι το ολικό ποσόν της ασφάλτου που βάζουμε στο μίγμα μείον αυτό που απορροφάται από τα αδρανή.

Η τιμή των κενών των συμπυκνωμένων αδρανών και των κενών αέρος εκφράζεται ως (%) κ.ο. του ασφαλτομίγματος. Επειδή τα κενά αέρος και τα κενά των συμπυκνωμένων αδρανών είναι όγκοι ποσότητας δεν μπορούν να ζυγιστούν, έτσι ένα ασφαλτόμιγμα πρέπει να σχεδιάζεται βάση των όγκων.



Σχήμα 2.2: Ασφαλτόμιγμα (τρία αδρανή σε μεγέθυνση) - επεξήγηση εννοιών

2.8.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ

Η μέθοδος και οι απαιτήσεις σχεδιασμού είναι ένα ουσιώδη τμήμα των προδιαγραφών κατασκευής για όλα τα βαρέου τύπου ασφαλτομίγματα. Η εσκεμμένη ή μη τήρηση των προδιαγραφών είναι κάτι που δεν συνιστάται μια και αυτές έχουν προκύψει και επαληθευτεί μετά από χρόνιες δοκιμές και παρατηρήσεις.

Το Asphalt Institute χρησιμοποιεί δυο μεθόδους την Marshall και την Hveem. Αυτές έχουν ευρεία χρησιμοποιηθεί εδώ και χρόνια με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Για κάθε μέθοδο τα κριτήρια αποδοχής έχουν αναπτυχθεί με την συσχέτιση των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών πάνω σε συμπυκνωμένα ασφαλτομίγματα με τα αποτελέσματα της χρόνιας λειτουργίας τους κάτω από τον φόρτο κυκλοφορίας. Τέλος πρέπει να πούμε ότι κάθε μέθοδος σχεδιασμού δεν έχει εφαρμογή για όλους τους τύπους των μιγμάτων.

Η μέθοδος Hveem είναι μια εργαστηριακή μέθοδος που βασίζεται πάνω σε δύο ιδιότητες που παρουσιάζουν τα συμπυκνωμένα δοκίμια. Αυτές είναι η συνοχή και η τριβή. Η πυκνότητα και τα κενά των συμπυκνωμένων δοκιμίων έχουν υπολογισθεί πριν την μέτρηση της ευστάθειας από το ευσταθειόμετρο. Το ευσταθειόμετρο είναι μια μηχανή τριαξονικής δοκιμής στην οποία εφαρμόζεται μια κάθετη δύναμη που έχει ως αποτέλεσμα μια πλευρική δύναμη η οποία μετράται.

Η μέθοδος Hveem εφαρμόζεται σε ασφαλτομίγματα που χρησιμοποιούν την διείσδυση και το βαθμό ιξώδους της ασφάλτου και περιέχουν αδρανή με μέγιστο κόκκο πάνω από 25mm. Η μέθοδος βρίσκει εφαρμογή σε ζεστά ασφαλτομίγματα πυκνής διαβάθμισης. Στο A.S.T.M. υπάρχει στις προδιαγραφές D 1560 και D 1561.

2.8.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ MARSHALL A.S.T.M. D1559-65

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την μέτρηση της αντίστασης σε πλαστική παραμόρφωση κυλινδρικών δοκιμίων από ασφαλτόμιγμα οδοστρωσίας που φορτίζονται στην παράλληλη πλευρά από την συσκευή Marshall. Η μέθοδος χρησιμοποιείται στην περίπτωση θερμών μιγμάτων που περιέχουν άσφαλο και αδρανή υλικά μεγίστου κόκκου 1 in. Με την μέθοδο αυτή προσδιορίζεται το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου, ώστε η ευστάθεια, η παραμόρφωση, το φαινόμενο ειδικό βάρος συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος και το ποσοστό κενών που γέμισαν με άσφαλο να είναι μέσα στα όρια των προδιαγραφών.

Πριν από την δοκιμή πρέπει :

- Τα υλικά που χρησιμοποιούνται να πληρούν τις προδιαγραφές.
- Τα αδρανή να έχουν κοκκομετρική διαβάθμιση μέσα στα όρια των προδιαγραφών.
- Να υπάρχει επάρκεια των διαφόρων τύπων αδρανών.
- Και να είναι γνωστά τα φαινόμενα ειδικά βάρη των αδρανών και το ειδικό βάρος της ασφάλτου.

Η μέθοδος Marshall χρησιμοποιεί κυλινδρικές μήτρες διαμέτρου 4 in (10,16 cm) και ύψους 3 in (7,62 cm), πλάκες βάσεως και δακτύλιοι προεκτάσεως, όπως βλέπουμε στο παρακάτω σχήμα.

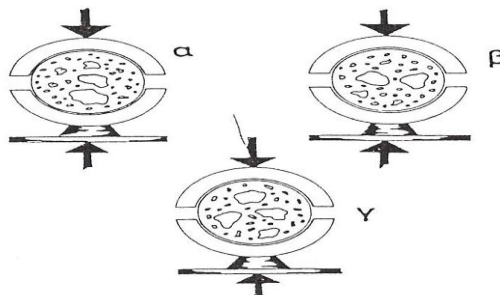


Σχήμα 2.3 : Μήτρα συμπίκνωσης δοκιμίων

Για να εκτελέσουμε την δοκιμή Marshall χρειαζόμαστε τον παρακάτω εξοπλισμό :

- Τη συσκευή Marshall με όλα τα εξαρτήματα της.
- Κυλινδρικές μήτρες συμπίκνωσης διαμέτρου 4 in και ύψος 3 in.
- Εξολκέα των συμπυκνωμένων δοκιμίων.
- Κόπανος συμπίκνωσης.
- Αναμεικτήρας.
- Ζυγαριά με ακρίβεια 0,1 gr.
- Κλίβανος, θερμαντικές πλάκες.
- Σπάτουλα παχύμετρο.
- Υδατόλουτρο, θερμόμετρο.
- Υποδοχείς.

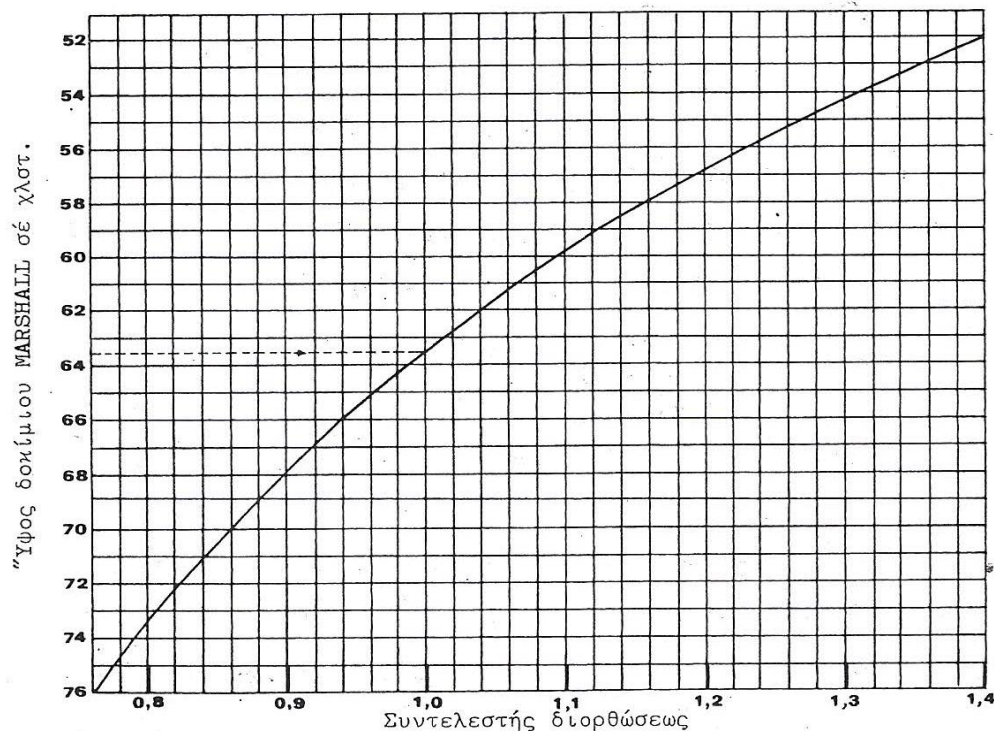
Για την παρασκευή ενός δοκιμίου Marshall χρειάζονται 1200 gr αδρανών υλικών, που η κοκκομετρική τους διαβάθμιση να είναι τέτοια, ώστε η καμπύλη της διαβάθμισης να ισαπέχει από τα όρια των προδιαγραφών. Στην συνέχεια, ανάλογα με τα ποσοστά % κατά βάρος που συγκρατούνται, γίνεται αναλογικά η αντιστοιχία κατά βάρος στα 1200 gr, που χρειάζονται για το δοκίμιο. Παρασκευάζεται τουλάχιστον 3 δοκίμια για κάθε ποσοστό ασφάλτου. Αφού θερμανθούν τα 1200 gr αδρανών στον κλίβανο σε θερμοκρασία 150 – 160 °C για 2 - 2½ ώρες, λιώνεται η ασφαλτος στους 160 °C. Τοποθετούνται τα 1200 gr αδρανών και το ποσοστό ασφάλτου στην λεκάνη του μίξερ, που έχει προθερμανθεί στους 160 °C και αναμιγνύονται έτσι ώστε όλοι οι κόκκοι να χρωματιστούν με ασφαλτος. Το πρώτο ασφαλτόμιγμα των 1200 gr αδρανών και της ασφάλτου, που παίρνετε από το μίξερ πετιέται επειδή αρκετή ποσότητα υλικού έχει συγκρατηθεί στην λεκάνη και στον αναμεικτήρα. Τοποθετείται το θερμό ασφαλτόμιγμα στην μήτρα όπου οι κόκκοι πρέπει να κατανεμηθούν ομοιόμορφα σε όλη την μάζα με την βοήθεια της σπάτουλας. Η ομοιόμορφη κατανομή των κόκκων δίνει λανθασμένα αποτελέσματα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.4: Κατανομή των κόκκων

- α :** Κακή κατάσταση κόκκων, με αποτέλεσμα μεγάλη ευστάθεια και μειωμένη υποχώρηση.
β : Κακή τοποθέτηση κόκκων, με αποτέλεσμα μικρή ευστάθεια και μειωμένη υποχώρηση.
γ : Σωστή τοποθέτηση κόκκων, με αποτέλεσμα αντιπροσωπεύτηκες τιμές της ευστάθειας και της υποχώρησης.

Υποβάλλεται το ασφαλτόμιγμα σε συμπύκνωση, με κτύπους σε κάθε πλευρά της μήτρας, με τον κόπανο Marshall, φροντίζοντας να είναι τελείως κατακόρυφος, ώστε να δημιουργηθούν παράλληλες βάσεις στο δοκίμιο. Στην συνέχεια μετά την συμπύκνωση το δοκίμιο αφήνεται να ωριμάσει την επόμενη μέρα. Το δοκίμιο μετά την ωρίμανση του ζυγίζεται με ακρίβεια 0,5 gr. Μετρώνται οι διαστάσεις του δοκιμίου με την βοήθεια παχυμέτρου. Μετά τοποθετείται το δοκίμιο στο υδατόλουτρο σε θερμοκρασία 60 °C, για 20 – 30 λεπτά, τα δοκίμια πρέπει να παραμείνουν στο υδατόλουτρο τον ίδιο χρόνο. Στην συνέχεια τοποθετούμε τα δοκίμια την συσκευή Marshall και με την βοήθεια του μηχανομετρου μετράμε το φορτίο του δοκιμίου. Κανονική είναι η ένδειξη Marshall όταν το δοκίμιο έχει ύψος 6,35 cm. Για ύψος μεγαλύτερο ή μικρότερο η ένδειξη Marshall διορθώνεται με την βοήθεια του παρακάτω διαγράμματος συναρτήσε του ύψους του δοκιμίου και ενός συντελεστή διορθώσεως.



Σχήμα 2.5 : Η καμπύλη αναγωγής ύψους δοκιμίου σε κανονικό ύψος 6,35 cm

Γνωρίζοντας τα παραπάνω σχεδιάζουμε διαγράμματα που έχουν τετμημένη τα ποσοστά της ασφάλτου και τεταγμένη τα παραπάνω στοιχεία. Φτιάχνοντας τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι :

- Η ευστάθεια αυξάνεται μεγαλώνοντας το ποσοστό της ασφάλτου ως ένα σημείο από εκεί και πέρα μειώνεται.
- Η τιμή της παραμόρφωσης αυξάνεται μεγαλώνοντας το ποσοστό της ασφάλτου.

- Η καμπύλη του φαινόμενου ειδικού βάρους είναι όμοια με της ευστάθειας, εκτός από το σημείο του μέγιστου Φ.Ε.Β. όπου βρίσκεται σε ποσοστό ασφάλτου μεγαλύτερο από της μέγιστης ευστάθειας.
- Το ποσοστό των κενών αέρα στο ασφαλτόμιγμα μειώνεται με την αύξηση του ποσοστού ασφάλτου.
- Τα κενά των συμπυκνωμένων αδρανών μειώνεται ως ένα σημείο, με την αύξηση του ποσοστού της ασφάλτου και στη συνέχεια αυξάνονται

Το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου για το ασφαλτόμιγμα προκύπτει από τον μέσο όρο των ποσοστών ασφάλτου που αντιστοιχούν:

- Στην μέγιστη ευστάθεια
- Στο μέγιστο Φ.Ε.Β.
- Στο μέσο όρο των ορίων του ποσοστού των κενών αέρα του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος 3 – 5 % δηλαδή 4 %.

2.9 ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΑ

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα αποτελούνται από άσφαλο και νερό και παρασκευάζονται με τον παρακάτω τρόπο:

Θερμαίνουμε το ασφαλτικό υλικό μέχρι υγροποίησης (150°C έως 140°C) και στη συνέχεια το αναμιγνύουμε με θερμό νερό (60 - 70°C) αναταράσσοντας δυνατά το μίγμα. Το ασφαλτικό υλικό διαιρείται σε λεπτά σταγονίδια και έτσι επιτυγχάνουμε ομοιογένεια στο μίγμα. Τα σταγονίδια αυτά έχουν την τάση να ενωθούν μεταξύ τους. Στην περίπτωση αυτή έχουμε διάσπαση του γαλακτώματος. Για να γίνει το γαλάκτωμα σταθερό και να μην διασπάται χρησιμοποιούμε διάφορες ουσίες, που ονομάζονται παράγοντες γαλακτώσεως. Ο παράγοντας γαλάκτωσης σχηματίζει γύρω από τα σταγονίδια έναν υμένα προστατευτικό. Έτσι αποφεύγεται η ένωση των σταγονιδίων μεταξύ τους και η επακόλουθη διάσπαση του γαλακτώματος.

Παράγοντες γαλάκτωσης είναι συνήθως η καυστική σόδα, το νιτρικό οξύ και το υδροχλωρικό οξύ. Όταν το γαλάκτωμα έλθει σε επαφή μετά αδρανή του οδοστρώματος, το νερό απορροφάται ή εξατμίζεται οπότε τα σταγονίδια της ασφάλτου συνενώνονται και δημιουργούν την συνδετική ύλη μεταξύ των αδρανών υλικών.

Η διάσπαση του γαλακτώματος είναι ταχύτερη όταν το αδρανές υλικό είναι λεπτό, γιατί η επιφάνεια αυτού είναι μεγαλύτερη και έτσι αυξάνεται η αιτία διασπάσεως του υμένα των σταγονιδίων. Επίσης επιδρούν στην ταχύτητα διάσπασης η χημική φύση του πετρώδους υλικού, η σκόνη, η βροχή, το πάχος της επιστρώσεως και η σχετική πυκνότητα του ασφαλτικού υλικού και νερού.

Σε ένα γαλάκτωμα πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω όροι:

- Να διατηρούνται τα σταγονίδια της ασφάλτου σε αιώρηση κατά την διάρκεια της αποθηκεύσεως και μεταφοράς.
- Να συντελείται η διάσπαση εύκολα στην εφαρμογή.

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Δεν αναφλέγονται.
- Δεν χρειάζονται θέρμανση για την χρήση.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με υγρά αδρανή υλικά.

Ανάλογα με τον παράγοντα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- τα αλκαλικά.
- τα όξινα.

Η κυριότερη διαφορά μεταξύ των όξινων και αλκαλικών γαλακτωμάτων είναι η διαφορετική πρόσφυση στα διάφορα αδρανή.

Τα αλκαλικά, λόγω της αρνητικής φόρτισης, παρουσιάζουν μεγάλη πρόσφυση με ασβεστολιθικά αδρανή, διότι αυτά τα αδρανή με την παρουσία υγρασίας φορτίζονται θετικά (ετερόνυμα έλκονται). Αντίθετα, δεν παρουσιάζουν καλή πρόσφυση με τα πυριτικά ή χαλαζιακά πετρώματα, που με παρουσία υγρασίας έχουν αρνητική φόρτιση.

Για τον ίδιο λόγο τα όξινα γαλακτώματα, λόγω της θετικής φόρτισης, έχουν καλύτερη πρόσφυση στα πυριτικά ή χαλαζιακά αδρανή.

Τα όξινα γαλακτώματα παρουσιάζουν επιπλέον τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Προσφύονται και σε πετρώματα ασβεστολιθικά.
- Παρουσιάζουν πρόσφυση και όταν υπάρχει πολύ υγρασία.
- Αντέχουν στο ψύχος και στην αποθήκευση.
- Μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε και για σταθεροποίηση εδάφους.

2.10 ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Τα ασφαλτικά διαλύματα είναι προϊόντα αναμίξεως συνηθισμένων ασφάλτων οδοστρωσίας με ορισμένους διαλύτες. Ανήκουν στην κατηγορία των ρευστών ασφαλτικών υλικών. Σαν διαλύτες χρησιμοποιούμε βενζίνη, φωτιστικό πετρέλαιο ή ακάθαρτο πετρέλαιο. Ο διαλύτης χρησιμεύει για να καταστήσει το ασφαλτικό υλικό εργάσιμο σε χαμηλή θερμοκρασία, αλλά εξατμίζεται όταν εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα ή σε θερμοκρασία, αφήνοντας έτσι το ασφαλτικό υλικό σαν συνδετικό με τα αδρανή.

Τα ασφαλτικά διαλύματα ανάλογα με την πτητικότητα του διαλύτη που έχουμε χρησιμοποιήσει διακρίνονται σε:

- Ταχείας εξατμίσεως T.E.
- Μέσης εξατμίσεως M.E.
- Βραδείας εξατμίσεως B.E.

Η παρασκευή των διαλυμάτων πρέπει να πραγματοποιείται με αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και αναμίξεως της ασφάλτου και του διαλύτη, για την πραγματοποίηση ομοιογενούς μίγματος και για να αποφύγουμε τον κίνδυνο αναφλέξεως.

Η παρασκευή των ασφαλτικών διαλυμάτων στο εργοτάξιο γίνεται ως εξής: λειώνουμε την άσφαλτο σε θερμοκρασία 140 °C ως 160 °C, στη συνέχεια αναρροφάτε με αντλία σε καθορισμένη αναλογία. Μετά αναρροφάτε η αντίστοιχη ποσότητα φωτιστικού πετρελαίου. Η ταχύτητα εξατμίσεως του διαλύτη εξαρτάται και από την κοκκομετρική διαβάθμιση του αδρανούς υλικού. Για την επιτυχημένη εφαρμογή των ασφαλτικών διαλυμάτων σημασία έχει η εκλογή του διαλύτη τόσο από άποψη εξατμίσεως όσο και της διαλυτικής ικανότητας του στην άσφαλτο. Η χρήση ακάθαρτου πετρελαίου σαν διαλύτη αποτελεί αιτία κακοτεχνιών στην κατασκευή, γιατί η παραμονή των βαρέων κλασμάτων στο ασφαλτικό συνδετικό διατηρεί την πλαστικότητα των ασφαλτομιγμάτων για πολύ διάστημα με δυσμενή επίδραση στην ευστάθεια της κατασκευής και μείωση της προσφύσεως του συνδετικού στα αδρανή.

2.11 ΑΣΦΑΛΤΙΚΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ

Οι ασφαλτικές μεμβράνες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των επιχωμάτων των οδών. Ο ρόλος τους είναι να παρεμποδίζουν τις διακυμάνσεις της υγρασίας μέσα στα εδάφη που ο όγκος τους μεταβάλλεται σε μεγάλο βαθμό και που υπόκεινται σε μείωση αντοχής λόγω αυξήσεως της περιεκτικότητας της υγρασίας και των ρωγμών εξαιτίας συστολής που είναι συνέπεια της μείωσης της υγρασίας. Οι ασφαλτικές μεμβράνες που κατασκευάζονται στην κατώτερη ζώνη χρησιμεύουν σαν μονωτικές στα τριχοειδή φαινόμενα ενώ στην ανώτερη ζώνη παρεμποδίζουν την ξήρανση και συστολή του εδάφους. Με το συνδυασμό των δύο παραπάνω ασφαλτικών μεμβρανών τα επιχώματα περικλείονται εντελώς και έτσι παρεμποδίζεται τη μεταβολή της περιεκτικότητας της υγρασίας με αποτέλεσμα ομοιόμορφη φέρουσα ικανότητα και σταθερότητα όγκου.

Το ασφαλτικό περίβλημα πρέπει να κατασκευάζεται προσεκτικά ώστε η ανώτερη και κατώτερη ασφαλτική μεμβράνη να συνδέονται χωρίς ανοίγματα που μέσα απ' αυτά θα μπορούσε να μεταδοθεί η υγρασία. Χρησιμοποιείται άσφαλτος διεισδυτικότητας 60/70 και σε ποσότητες τουλάχιστον ενός γαλονιού για κάθε τετραγωνική γυάρδα. Στην περίπτωση που υπάρχει κίνδυνος διατρήσεως της ασφαλτικής μεμβράνης διαστρώνουμε πάνω της λεπτόκοκκα αδρανή υλικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Η επιφάνεια της ανώτερης στρώσης ενός οδοστρώματος πρέπει πάντα να έχει καλές αντιολισθήρες ιδιότητες. Το ασφαλτικό σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται για την κατασκευή αντιολισθηρής στρώσης, είναι ασφαλτόμιγμα παραγόμενο και διαστρωμένο εν θερμώ, αυστηρά ελεγμένης σύνθεσης, από καθαρή τροποποιημένη με βελτιωτικά άσφαλτο και σκληρά αδρανή υλικά. Με αυτή τη μέθοδο, λόγω της υψηλής μηχανικής αντοχής του ασφαλτικού σκυροδέματος, εξασφαλίζεται αφενός η ενίσχυση του οδοστρώματος (όταν γίνεται σε πάχη μεγαλύτερα των 4 cm) και αφετέρου η επίτευξη ικανοποιητικών επιφανειακών χαρακτηριστικών ομαλότητας, ομοιομορφίας, αντίστασης σε ολίσθηση και επιφανειακής τραχύτητας. Σε περίπτωση εφαρμογής λεπτών στρώσεων σε παλαιά οδοστρώματα, θα πρέπει προηγουμένως να ελέγχεται η επάρκεια της φέρουσας ικανότητας του υποκείμενου οδοστρώματος (και η ομαλότητα της επιφάνειας) και να εξασφαλίζεται η ικανοποιητική συγκόλληση της τελικής στρώσης. Μία αποτελεσματική προετοιμασία, για τις συνήθεις περιπτώσεις φθορών είναι το φρεζάρισμα εν ψυχρώ και στη συνέχεια η εφαρμογή ισχυρής συγκολλητικής επάλειψης με κατιονικό γαλάκτωμα.

Ο μελετητής μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε πέντε εναλλακτικά ασφαλτομίγματα τα οποία παρέχουν καλή αντιολισθηρή επιφάνεια. Τα μίγματα αυτά καλούνται αντιολισθηρές στρώσεις κυκλοφορίας και είναι τα εξής :

- Πορώδης τάπητας
- Ανοικτής διαβάθμισης ασφαλτομίγματα για αντιολισθηρή στρώση
- Πυκνό ασφαλτικό σκυρόδεμα για αντιολισθηρή στρώση
- Slurry seal
- Stone Mastic Asphalt (SMA)

3.1.1 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΥΠΟΥ ΣΤΡΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ

ΤΥΠΟΣ 1: Ασφαλτικό σκυρόδεμα πυκνής σύνθεσης, με ονομαστικό μέγεθος αδρανών 12,5 mm ή 9,5 mm. Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις, που ενδιαφέρει, πέραν από την εξασφάλιση της αντιολισθηρότητας, η ενίσχυση και η στεγανότητα του οδοστρώματος. Με αυτό τον τρόπο, δεν επιτυγχάνεται μεγάλο βάθος επιφανειακής τραχύτητας.

ΤΥΠΟΣ 2: Ασφαλτικό σκυρόδεμα ανοικτής σύνθεσης, με ονομαστικό μέγεθος αδρανών 12,5 mm ή 9,5 mm. Με αυτόν τον τύπο, εξασφαλίζεται καλύτερη επιφανειακή τραχύτητα, με αποτέλεσμα την καλύτερη διατήρηση της αντίστασης σε ολίσθηση και σε υψηλές ταχύτητες. Λόγω αυξημένου ποσοστού κενών, η διάρκεια ζωής του ασφαλτοτάπητα είναι σχετικά μικρότερη, σε σύγκριση με τον Τύπο 1.

Τα συνιστώμενα πάχη στρώσεων των ασφαλτομιγμάτων είναι 4 cm (για ονομαστικό μέγεθος μέγιστου κόκκου 12,5 mm) ή 3 cm (για ονομαστικό μέγεθος μέγιστου κόκκου 9,5 mm).

3.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

3.2.1 ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ

Τα αδρανή διακρίνονται σε χονδρόκοκκα συγκρατούμενα στο κόσκινο ανοίγματος 2 mm (2,36 mm), σε λεπτόκοκκα διερχόμενα από το κόσκινο ανοίγματος 2 mm και συγκρατούμενα στο κόσκινο ανοίγματος 0,063 mm και σε παιπάλη διερχόμενη από το κόσκινο ανοίγματος 0,063 mm.

Χονδρόκοκκο υλικό: Στις ασφαλτικές στρώσεις το χονδρόκοκκο κλάσμα των αδρανών είναι εκείνο που προσδίδει κυρίως τις χαρακτηριστικές αντιολισθηρές ιδιότητες (μικροτραχύτητα και μακροτραχύτητα) της επιφανείας του οδοστρώματος και γι' αυτό θα πρέπει να αποτελείται κατά 100% από αδρανές υλικό με εξαιρετικά μηχανικά χαρακτηριστικά, μεγάλη καθαρότητα και κατάλληλο σχήμα κόκκων.

Καθαρότητα και σχήμα κόκκων: Το χονδρόκοκκο κλάσμα πρέπει να προέρχεται από θραύση πετρώματος με τα προδιαγραφόμενα μηχανικά χαρακτηριστικά και να είναι απαλλαγμένο από επιβλαβείς προσμίξεις (άργιλο, οργανικά ή άλλα μαλακά εύθραυστα υλικά). Στην περίπτωση που προέρχεται από φυσικές αποθέσεις ποταμών ή χειμάρρων, οι κροκάλες θα πρέπει να συγκρατούνται από κόσκινο με άνοιγμα οπής τριπλάσια του ονομαστικού μεγέθους των κόκκων και το 80% τουλάχιστον των κόκκων που συγκρατούνται στο κόσκινο ανοίγματος οπών 4 mm, να έχει τουλάχιστον μια θραυσιγενή επιφάνεια.

Οι κόκκοι πρέπει να είναι κατά το δυνατόν κυβοειδούς μορφής. Ο έλεγχος του σχήματος τους θα γίνεται κατά ΕΛΟΤ EN 1097-8 - Δοκιμές των μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των αδρανών - Μέρος 8: Προσδιορισμός αντοχής σε στίλβωση, με προσδιορισμό το συγκρατούμενο στο κόσκινο 6,3 mm (1/4") υλικό του Δείκτη πλακοειδούς κατά ΕΛΟΤ EN 933-3 - Δοκιμές γεωμετρικών ιδιοτήτων των αδρανών. Μέρος 3: Προσδιορισμός της μορφής των κόκκων. Δείκτης πλακοειδούς, ο οποίος θα πρέπει είναι μικρότερος από 30 %.

Μηχανικές ιδιότητες: Εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά στα συμβατικά τεύχη, οι επιτρεπόμενες τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων του χονδρόκοκκου αδρανούς θα πληρούν τις εξής απαιτήσεις:

- Αντοχή σε στίλβωση (Polished Stone Value), σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1097- 8, $PSV \geq 50$.
- Αντοχή σε απότριψη (Aggregate Abrasion Value), σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1097- 8, $AAV \leq 10$.
- Αντοχή σε θρυμματισμό κατά Los Angeles, σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1097-2, $LA \leq 24$.

Λεπτόκοκκο υλικό: Το λεπτόκοκκο κλάσμα (διερχόμενο από το κόσκινο ανοίγματος οπής 2 mm και συγκρατούμενο στο κόσκινο ανοίγματος οπής 0,063 mm), πρέπει να αποτελείται από κόκκους γωνιώδεις, θραυσιγενείς και απαλλαγμένους από άργιλο ή άλλες επιβλαβείς προσμίξεις. Σε περιπτώσεις βαριάς κυκλοφορίας, είναι προτιμότερο να είναι της ίδιας προέλευσης με το χονδρόκοκκο υλικό. Στις λοιπές περιπτώσεις, μπορεί να είναι θραυστό ασβεστολιθικής σύστασης ή φυσικής προέλευσης.

Παιπάλη: Η Παιπάλη προστίθεται (σε περίπτωση έλλειψης), για να συμπληρώσει την κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών. Μπορεί να είναι λιθοσυντρίμμια

ορυκτής ή άλλης προέλευσης (σκόνη από σκωρίες), υδράσβεστος, τσιμέντο, ιπτάμενη τέφρα ή άλλη κατάλληλη ορυκτή ύλη, η οποία κατά το χρόνο χρησιμοποίησής της θα είναι αρκετά ξηρή, ώστε να ρέει ελεύθερα και να μη δημιουργεί συσσωματώματα. Η παιπάλη δεν πρέπει να περιέχει άργιλο ή οργανικές προσμίξεις, ούτε να έχει πλαστικότητα, εκτός αν πρόκειται για τσιμέντο ή υδράσβεστο. Η συνιστώμενη κοκκομετρική διαβάθμιση της παιπάλης φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 3.1 .

Κοκκομετρική διαβάθμιση παιπάλης	
Κόσκια τετραγωνικής οπής	Διερχόμενο %
600m (No 30)	100
300m (No 50)	90-100
75m (No 200)	70-100

Πίνακας 3.1 : Συνιστώμενη κοκκομετρική διαβάθμιση παιπάλης

3.2.2 ΑΣΦΑΛΤΙΚΟ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ

Θα χρησιμοποιείται καθαρή άσφαλτος, η οποία πρέπει να είναι σύμφωνη με τις απαιτήσεις της ΠΕΤΕΠ (Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές) 05-03-10-00 ή για όσους τύπους δεν εμπεριέχονται σε αυτή σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12591. Ο τύπος της ασφάλτου συνιστάται να είναι 60/70, ή εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μίγμα ασφάλτου 80/100 και 40/50 σε αναλογία 50/50 .

Για την εξασφάλιση υψηλών απαιτήσεων και σε ειδικές περιπτώσεις πχ γέφυρες, όπου απαιτούνται αυξημένα μηχανικά χαρακτηριστικά και μεγάλη διάρκεια ζωής μπορεί να χρησιμοποιηθεί τροποποιημένη άσφαλτος (η βασική είναι συνήθως 80/100 με πρόσθετα βελτιωτικά πολυμερή, θερμοπλαστικά, ελαστομερή κτλ) ύστερα από ειδική εργαστηριακή μελέτη.

Προσθήκη βελτιωτικού πρόσφυσης στην άσφαλτο θα γίνεται όταν τα αδρανή παρουσιάζουν υδροφιλία ή σε ειδικές περιπτώσεις που καθορίζει η υπηρεσία. Ο τύπος και το ακριβές ποσοστό του αντυδροφίλου, θα καθορίζεται από το εργαστήριο, με τη δοκιμή εμβάπτισης-θλίψης ΕΛΟΤ EN 12697- 12.

3.2.3 ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ

Κοκκομετρική διαβάθμιση: Το συνολικό μίγμα των αδρανών μπορεί να προκύπτει από σύνθεση δυο ή περισσότερων επί μέρους κλασμάτων, είτε να προσκομίζεται ενιαίο στο εργοστάσιο παραγωγής ασφαλτομίγματος και να χρησιμοποιείται χωρίς διαχωρισμό και ανασύνθεση, εφόσον είναι ομοιόμορφο και με σταθερή κοκκομετρική σύνθεση.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση του συνολικού μίγματος των αδρανών υλικών (χονδρόκοκκο, λεπτόκοκκο και παιπάλη), ανάλογα με τον τύπο του ασφαλτικού σκυροδέματος και το ονομαστικό μέγεθος του μέγιστου κόκκου.

Το ποσοστό (στο συνολικό μίγμα των αδρανών) του διερχόμενου από το κόσκινο Νο 8 υλικού, είναι σημαντικό στοιχείο για τον εργοταξιακό έλεγχο, επειδή διαχωρίζεται το χονδρόκοκκο από το λεπτόκοκκο υλικό. Μίγματα που περιέχουν ποσοστό υλικού διερχόμενου από το κόσκινο 2,36 mm κοντά στο μέγιστο επιτρεπόμενο, δίνουν επιφάνεια με

σχετικά λεπτή υφή, ενώ διαβαθμίσεις που πλησιάζουν στο ελάχιστο, δίνουν επιφάνεια με σχετικά πυκνή υφή.

Τα όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης του Πίνακα 3.2, ισχύουν κατά βάρος, εφόσον τα ειδικά βάρη του χονδρόκοκκου και του λεπτόκοκκου υλικού δε διαφέρουν πάνω από 5%. Αν υπάρχει μεγαλύτερη διαφορά, τα όρια του πίνακα και οι αναλογίες σύνθεσης κατά βάρος του συνολικού μίγματος αδρανών, θα πρέπει να αναχθούν, σύμφωνα με τα ειδικά βάρη τους.

Ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση (υγεία): Η δοκιμή θα γίνεται με την πρότυπη μέθοδο ΕΛΟΤ EN 1357-2. Δοκιμές για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των αδρανών σε θερμικές και καιρικές μεταβολές – Δοκιμή θεικού μαγνησίου (με χρήση θεικού μαγνησίου). Η απώλεια (σε ποσοστό του βάρους) δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 9%.

Ισοδύναμο άμμου: Το ισοδύναμο άμμου θα προσδιορίζεται σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο ΕΛΟΤ EN 933-8. Δοκιμή ισοδύναμου άμμου του λεπτόκοκκου υλικού επί του μίγματος των αδρανών (πριν από την προσθήκη της ασφάλτου και της πρόσθετης παιπάλης) αυτό πρέπει να έχει τιμή μεγαλύτερη από 55 %.

Μέγεθος κόσκινου τετραγωνικής οπής mm	ΤΥΠΟΣ 1 (πυκνής σύνθεσης)		ΤΥΠΟΣ 2(ανοιχτής σύνθεσης)	
	Ονομαστικό μέγεθος μέγιστου κόκκου (mm)			
	12,5	9,5	12,5	9,5
Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 933-2	Ποσοστό διερχομένων από τα αντίστοιχα κόσκινα			
12,50 mm	90-100	100	84-100	100
9,00 mm	-	90-100	52-82	75-100
4,00 mm	42-72	50-80	18-46	35-65
2,00 mm	18-38	30-65	5-24	10-35
1,12 mm	-	-	3-19	3-24
0,25 mm	5-20	6-21	0-9	0-10
0,063 mm	2-9	2-9	-	-
Συνιστώμενο πάχος στρώσης	3-4 cm	2,5-3 cm	3-4 cm	2,5-3cm

Πίνακας 3.2: Κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών και συνιστώμενο πάχος στρώσης

3.2.4 ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΣΦΑΛΤΟΥ - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΤΑ MARSHALL

Μετά τον καθορισμό των αναλογιών των αδρανών για την επίτευξη της επιθυμητής κοκκομετρικής διαβάθμισης ακολουθεί ο προσδιορισμός του βέλτιστου ποσοστού ασφάλτου με τη μέθοδο Marshall. Το χαρακτηριστικά κατά Marshall, τα κενά, καθώς και τα κριτήρια για τον έλεγχο της υδροφιλίας με τη δοκιμή εμβάπτισης- θλίψης , δίνονται στον παρακάτω πίνακα 3.3 .

Χαρακτηριστικά	ΤΥΠΟΣ 1	ΤΥΠΟΣ 2
Συμπύκνωση (αριθμός κτύπων σε κάθε πλευρά του δοκιμίου)	75	75
Ευστάθεια στους 50 °C (N)	≥ 8000	≥ 6000
Παραμόρφωση δοκιμίου (mm)	2-4	2-5
Κενά αέρος (% συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος)	3-5	5-15
Ελάχιστος λόγος αντοχής στη δοκιμή εμβάπτισης -θλίψης	0.8	0.7

Πίνακας 3.3: Χαρακτηριστικά δοκιμής Marshall

3.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ - ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΕΛΕΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

3.3.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ

Παράγεται στις ίδιες εγκαταστάσεις με τα συνήθη ασφαλτομίγματα, σύμφωνα με την αντίστοιχη προδιαγραφή. Επειδή η ψύξη των ασφαλτομιγμάτων που διαστρώνονται σε λεπτό πάχος είναι ταχεία, οι θερμοκρασίες παραγωγής είναι κάπως υψηλότερες από τις αντίστοιχες των ασφαλτομιγμάτων συνήθους πάχους. Οι συνιστώμενες θερμοκρασίες ανάμιξης (θερμοκρασία στην έξοδο του αναμικτήρα) είναι 130 °C έως 170 °C. Σε περίπτωση χρήσης τροποποιημένης ασφάλτου θα ζητούνται πληροφορίες από το αρμόδιο εργαστήριο ελέγχου, σε συνδυασμό με τις οδηγίες του κατασκευαστή του βελτιωτικού-τροποποιητικού της ασφάλτου.

Επισημαίνεται η ανάγκη τήρησης των θερμοκρασιών και κυρίως κατά την ανάμιξη, λόγω του κινδύνου αλλοίωσης της ασφάλτου. Κατά τη μεταφορά του ασφαλτομίγματος πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών ώστε κατά τη διάστρωση να τηρούνται οι ελάχιστες θερμοκρασίες, που αναφέρονται στα επόμενα. Για αυτό συνιστάται να επιβάλλεται η κάλυψη των φορτηγών μεταφοράς ασφαλτομίγματος. Η χρήση πετρελαίου για την ευχερή εκφόρτωση των αυτοκινήτων μεταφοράς απαγορεύεται.

3.3.2 ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΗ ΕΠΑΛΕΙΨΗ

Λόγω του μικρού πάχους των αντιολισθηρών ταπήτων, απαιτείται συγκολλητική επάλειψη με μικρή ποσότητα ασφαλτικού γαλακτώματος (να παραμένουν τελικά τουλάχιστον 300 g/m² ασφαλτικού συνδετικού), για την αποφυγή δημιουργίας επιφάνειας ολίσθησης του τάπητα πάνω στην επιφάνεια έδρασης.

Για την επίτευξη της ομοιογένειας της επάλειψης πάνω σε όλη την επιφάνεια, η διάχυση πρέπει να πραγματοποιείται με διανομέα ασφάλτου και με αραιωμένο ασφαλτικό γαλάκτωμα με περιεκτικότητα 30 % σε άσφαλτο. (Γαλάκτωμα με περιεκτικότητα σε άσφαλτο π.χ 60 % αραιώνεται με προσθήκη υδατικής φάσης 100 % ,ζητούνται οδηγίες από το εργοστάσιο παραγωγής του γαλακτώματος για λήψη γαλακτώματος που να δίνει υπόλειμμα ασφαλτικού 30 %).

3.3.3 ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Οι ελάχιστες θερμοκρασίες διάστρωσης οι οποίες εξαρτώνται από τον τύπο του ασφαλτομίγματος, της ασφάλτου, το πάχος της στρώσης και τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, θα καθορίζονται από την Υπηρεσία. Τα συνήθη όρια θερμοκρασιών είναι 120°C έως 140°C.

Περιορισμοί καιρικών συνθηκών. Σε περίπτωση βροχής, δυνατού ανέμου και χαμηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος (κάτω των 10°C), οι εργασίες θα διακόπτονται. Ειδικά στις περιπτώσεις λεπτών στρώσεων (2,5 έως 3 cm), θα πρέπει η θερμοκρασία περιβάλλοντος να είναι άνω των 20°C.

3.3.4 ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ

Ισχύουν τα αναφερόμενα στην Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-03-11-04. Ειδικά για τους τάπητες Τύπου 2, απαιτείται ελαφρύτερη κυλίνδρωση με οδοστρωτήρα 10-12 tn με λείους κυλίνδρους. Συνήθως αρκούν 2 έως 3 διελεύσεις. Η υπερβολική συμπίκνωση ή συμπίκνωση όταν το ασφαλτόμιγμα έχει ψυχθεί, θα οδηγήσει σε θραύση των αδρανών.

3.4 ΠΟΙΟΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ

Ισχύουν οι γενικές αρχές που εφαρμόζονται και για τα συνήθη ασφαλτομίγματα. (Βλέπε στην Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-03-11-04).

Ιδιαίτερη προσοχή εφιστάται στην ποιότητα των χονδρόκοκκων αδρανών, από τα οποία κυρίως εξαρτώνται τα επιφανειακά χαρακτηριστικά της αντιολισθηρής στρώσης.

3.4.1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

Εκτελούνται οι εργαστηριακοί έλεγχοι που προβλέπονται στην Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-03- 11-04 και επιπλέον εκτελούνται και οι ακόλουθες δοκιμές

- Δείκτης πλακοειδούς , κατά το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 933 - 3
- Αντοχή σε στίλβωση (PSV) , κατά το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1097 - 8
- Αντοχή σε απότριψη (AAV) , κατά το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1097 - 8
- Αντοχή σε θρυμματισμό κατά Los Angeles , κατά το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1097 - 2

Ασφαλτόμιγμα

Κενά αέρος στο συμπυκνωμένο ασφαλτόμιγμα, κατά το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12697-8

Τελική επιφάνεια

Επιφανειακή τραχύτητα (μέθοδος της άμμου), κατά το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13036-1

3.4.2 ΕΛΕΓΧΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

- Ο έλεγχος καλής λειτουργίας της κεντρικής εγκατάστασης παραγωγής και της ομοιομορφίας του παραγόμενου ασφαλτικού σκυροδέματος θα γίνεται σύμφωνα με τα προβλεπόμενα για τα συνήθη ασφαλτομίγματα.
- Ο έλεγχος της ομοιομορφίας του παραγόμενου ασφαλτομίγματος και της εφαρμογής της μελέτης σύνθεσης, θα γίνεται με εξέταση τριών τουλάχιστον δειγμάτων, με βάση το μέσο όρο τους.

Αν με την εφαρμογή των παραπάνω ανοχών προκύψει καμπύλη εκτός των επιτρεπόμενων ορίων του παρακάτω πίνακα 3.4, αυτό δεν θα αποτελέσει λόγο απόρριψης του υλικού. Οι μέγιστες επιτρεπόμενες αποκλίσεις (μέσος όρος δειγμάτων), ως προς τα αντίστοιχα ποσοστά της μελέτης σύνθεσης των ποσοστών κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών και του ποσοστού ασφάλτου, δίνονται στον πίνακα. Επιπλέον, σε κανένα μεμονωμένο δείγμα οι αποκλίσεις δε θα υπερβαίνουν αυτά τα όρια, αυξημένα κατά 20%.

Μέγεθος κόσκινου	Ανοχή επί των ποσοστών διερχόμενων %
12,5 mm (½ in) και άνω	± 8
9,00 mm	± 7
4,00 mm	± 7
2,00 mm	± 6
1,12 mm	± 6
0,50 mm	± 5
0,25 mm	± 5
0,067 mm	± 3
Ασφαλτος % κατά βάρος στο ασφαλτόμιγμα	± 0.4

Πίνακας 3.4 : Μέγιστες επιτρεπόμενες αποκλίσεις από τη μελέτη σύνθεσης (Μ.Ο. δειγμάτων)

3.4.3 ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΕΛΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ

Μετά την τελική συμπίκνωση, ακολουθούν έλεγχοι της ασφαλτικής στρώσης, για να διαπιστωθεί κατά πόσο ανταποκρίνεται στις εξής απαιτήσεις:

Στάθμη: Η τελική επιφάνεια πρέπει να ανταποκρίνεται στην ερυθρά της μελέτης (σε συνδυασμό με την προβλεπόμενη επίκλιση) με αποκλίσεις όχι μεγαλύτερες των ±6 mm.

Ομαλότητα: Παράλληλα στον άξονα της οδού, οι κυματισμοί ή άλλες τοπικές ανωμαλίες δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 5 mm. Η μέτρηση θα πραγματοποιείται με πήχη 4 μέτρων. Εγκάρσια στον άξονα της οδού, οι αποκλίσεις δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 3 mm. Η μέτρηση θα πραγματοποιείται με πήχη 3 μέτρων. Οι μεγαλύτερου μήκους κυματισμοί και η άνεση κυκλοφορίας θα ελέγχονται, σε τάπητες αυτοκινητόδρομων με ομαλόμετρο τύπου Bump - Intergrator, εκτός αν προδιαγράφεται στα τεύχη δημοπράτησης. Ο δείκτης ανωμαλιών θα πρέπει να μην υπερβαίνει την τιμή των 130 cm/km.

Πάχος στρώσης: Το πάχος της στρώσης θα ελέγχεται σε πυκνότητα τουλάχιστον ανά 4000 m^2 . Ο αριθμητικός μέσος όλων των μετρήσεων πρέπει να είναι ίσος ή μεγαλύτερος από το πάχος που καθορίζει η σύμβαση του έργου. Καμία μεμονωμένη μέτρηση δεν πρέπει να υπολείπεται του προδιαγραφόμενου πάχους περισσότερο από 10 %, εκτός εάν καθορίζεται διαφορετικά στα συμβατικά τεύχη (π.χ. επιστρώσεις σε παλαιό ασφαλτικό υπόστρωμα).

Βαθμός συμπίκνωσης: Η μέση τιμή του βαθμού συμπίκνωσης δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 96 % και καμία μεμονωμένη τιμή δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 94 %. Ο έλεγχος γίνεται με τη μέθοδο του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 12697-5, για τον προσδιορισμό της μέγιστης πυκνότητας και κατά το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12697-9 για τον προσδιορισμό της πυκνότητας αναφοράς, στα δοκίμια που κόπηκαν για τον έλεγχο του πάχους.

Επιφανειακή τραχύτητα: Η επιφανειακή τραχύτητα θα ελέγχεται με τη μέθοδο της κηλίδας της άμμου κατά το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13036-1 το αργότερο 7 ημέρες μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής και πριν η οδός δοθεί στην κυκλοφορία. Για κάθε λωρίδα, θα γίνεται έλεγχος σε σημεία απέχοντα τουλάχιστον 50 m μεταξύ τους και 50 cm από το άκρο του καταστρώματος της οδού. Το συνιστώμενο και επιδιωκόμενο με τη μελέτη ελάχιστο μέσο βάθος υφής είναι 1,0 mm για τον Τύπο 1 και 1,5 mm για τον Τύπο 2.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ

Σαν οδοστρώματα μακράς διάρκειας ορίζονται τα ασφατικά οδοστρώματα που είναι σχεδιασμένα και κατασκευασμένα με διάρκεια ζωής μεγαλύτερη από 50 χρόνια χωρίς να απαιτείται σημαντική συντήρηση ή ανακατασκευή, και οι μόνες επεμβάσεις που κρίνονται απαραίτητες είναι μια περιοδική αντικατάσταση -ανανέωση της επιφάνειας τους με σκοπό την αντιμετώπιση των φθορών, που περιορίζονται στα ανώτερα στρώματα.

Η καινοτομία που παρουσιάζεται στον σχεδιασμό οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας σε σχέση με τα συμβατικά οδοστρώματα είναι ότι έχουν μεγαλύτερα πάχη ασφατικών στρώσεων και κατασκευάζονται με σύγχρονα ασφαλτομίγματα που τους προσδίδουν τις απαιτούμενες αντοχές και κατά συνέπεια την αύξηση της χρήσιμης διάρκειας ζωής. Τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας έχουν αποκτήσει κύρος και κερδίζουν την διεθνή εκτίμηση και αναγνώριση και αυτό γιατί έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής σε σχέση με τα κοινά οδοστρώματα, παρέχουν ικανοποιητική ποιότητα οδήγησης και ασφάλεια στις μετακινήσεις, δεν χρειάζονται ριζικές επεμβάσεις συντήρησης πάρα μια απλή ανανέωση της επιφανειακής στρώσης τους και τέλος είναι φιλικά προς το περιβάλλον και οικονομικά σαν επένδυση κατασκευής.

Η πρόκληση για σήμερα είναι να κατασκευαστεί μια μακράς διάρκειας επιφάνεια πάνω σε μία μακράς διάρκειας υποστηρικτική κατασκευή. Η σύγχρονη φιλοσοφία σχεδιασμού και κατασκευής είναι βασισμένη σε γνώσεις του παρελθόντος αλλά θεωρεί το οδόστρωμα σαν ένα ενιαίο σύστημα παρά σαν μια συλλογή από ανεξάρτητες στρώσεις. Οι πρόσφατες προσπάθειες στην επιλογή των υλικών, το σχεδιασμό των μιγμάτων, τα τεστ αντοχής και απόδοσης, τον σχεδιασμό των μιγμάτων προσφέρουν μια μεθοδολογία η οποία μπορεί να αναπτυχθεί έτσι ώστε να αποκτήσουμε οδοστρώματα με μακροχρόνια απόδοση, μεγαλύτερη από 50 χρόνια, ενώ περιοδικά περίπου κάθε 20 χρόνια θα γίνονται οι κατάλληλες επεμβάσεις αποκατάστασης της επιφανειακής στρώσης.

Ένα ανθεκτικό οδόστρωμα συνδυάζει μία ανθεκτική, στεγανή και ικανή να φέρει φορτία ανώτερη στρώση σε συνδυασμό με ένα ανθεκτικό σε παραμορφώσεις ενδιάμεσο στρώμα και ένα ανθεκτικό στρώμα υπόβασης. Εφαρμόζοντας τον κατάλληλο σχεδιασμό και επιλέγοντας υλικά ανάλογα με την τοποθέτηση τους στην κατασκευή, είναι δυνατόν να επιτευχθεί ένα αποτέλεσμα με ικανοποιητικά μεγάλη διάρκεια ζωής. Αυτή η μεθοδολογία σχεδιασμού μπορεί να υιοθετηθεί για κάθε οδόστρωμα για το οποίο απαιτείται η μείωση του κόστους ανακατασκευής και αποκατάστασης όπως επίσης και η αποφυγή της καθυστέρησης της κυκλοφορίας κατά την διάρκεια των παραπάνω εργασιών.

4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ

Η βασική απαίτηση του σχεδιασμού οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας είναι μια ασφατική στρώση από θερμό ασφαλτόμιγμα με επαρκές πάχος τοποθετημένη πάνω σε μια στερεή θεμελίωση η οποία μειώνει τις τάσεις που προέρχονται από τη βάση του οδοστρώματος και τελικά απαιτούν δαπανηρή συντήρηση για να αποκατασταθούν ικανοποιητικά. Κατασκευαστικά, το οδόστρωμα θα πρέπει να έχει τον κατάλληλο συνδυασμό δυσκαμψίας – πάχους έτσι ώστε να αντιστέκεται στις παραμορφώσεις των υλικών θεμελίωσης ή των υποκείμενων στρωμάτων και κατά συνέπεια οι βλάβες οι οποίες παρουσιάζονται να μην οφείλονται σε κατασκευαστικές ή υλικές ανεπάρκειες. Τελικά, οι ασφατικές στρώσεις θα

πρέπει να έχουν αρκετό πάχος και τις κατάλληλες ιδιότητες τέτοιες ώστε να αντιστέκονται στις ρωγμές λόγω κόπωσης που προέρχονται από τη βάση της κατασκευής.

Μέχρι πρόσφατα οι περισσότερες μεθοδολογίες σχεδιασμού δεν λάμβαναν υπ' όψιν την συνεισφορά του κάθε στρώματος στην αντίσταση κατά των ρωγμών, των παραμορφώσεων, και των ρηγματώσεων λόγω θερμοκρασίας στην κατασκευή. Αφού το κάθε στρώμα έχει τον δικό του μοναδικό ρόλο στην συμπεριφορά και απόδοση του οδοστρώματος, μια βελτιωμένη μέθοδος σχεδιασμού απαιτείται για την ανάλυση του κάθε στρώματος ξεχωριστά. Οι παλαιότερες εμπειρικές μέθοδοι όπως η California Bearing Ratio (CBR) ή η μέθοδος της American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) δεν μπορούν να λάβουν υπ' όψιν την συνεισφορά διαφορετικών ασφαλτικών μιγμάτων σε ένα οδόστρωμα, αλλά η μηχανιστική εμπειρική μέθοδος μπορεί.

Οι τεχνικές για τον σχεδιασμό ασφαλτικών οδοστρωμάτων είναι γνωστές από το 1960 αν και έγιναν ευρέως γνωστές και εφαρμόστηκαν τις δεκαετίες 1980 και 1990. Η μεθοδολογία σχεδιασμού είναι περίπου η ίδια όπως και οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούν οι μηχανικοί και σε άλλες κατασκευές όπως γέφυρες, κτίρια και φράγματα. Ειδικότερα, οι αρχές της μηχανικής χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της απόκρισης του οδοστρώματος σε διάφορες κλιματολογικές συνθήκες και φορτίσεις. Γνωρίζοντας τα κρίσιμα σημεία της κατασκευής είναι δυνατόν, επιλέγοντας τα κατάλληλα υλικά και πάχη των στρώσεων, να σχεδιαστεί έτσι ώστε να έχει την απαιτούμενη αντοχή για να μπορεί να αντιμετωπίσει τους διάφορους τύπους φθορών και αστοχιών. Στην περίπτωση των οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας, απαιτείται η παροχή αρκετής δυσκαμψίας στις ανώτερες ασφαλτικές στρώσεις για να αποφευχθούν οι παραμορφώσεις και οι ρηγματώσεις και αρκετό συνολικό πάχος στρώσεων και ευκαμψία στις κατώτερες στρώσεις για να αποφευχθούν οι ρωγμές λόγω εφελκυστικής καταπόνησης και της κάθετης θλιπτικής τάσης στην κορυφή της υπόβασης. Επιπλέον δύο ακόμη κριτήρια χρησιμοποιούνται για τον εμπειρικό υπολογισμό του πάχους σχεδιασμού.

Το ένα βασίζεται στην ελαχιστοποίηση των φθορών που θα εμφανιστούν στην επιφάνεια κάτω από την επίδραση των φορτίων και το άλλο είναι βασισμένο στον περιορισμό του μέτρου ελαστικότητας (το οποίο είναι μέτρο της ικανότητας διάχυσης των φορτίων) μεταξύ δυο συνεχόμενων ασύνδετων στρώσεων οδοστρώματος.

Ο σχεδιασμός χρησιμοποιείται από πολλές υπηρεσίες σαν μια βελτιωμένη και αξιόπιστη μέθοδος ανάλυσης οδοστρωμάτων και υπολογισμού του μεγέθους και της επιρροής των αλλαγών στα υλικά και στα κυκλοφοριακά φορτία. Τελικά οποιαδήποτε μεθοδολογία χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τις αρχές και τις ιδιότητες που διαμορφώνουν τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας, όπου συμπεριλαμβάνει και την επιρροή του ορίου κόπωσης στις συνδετικές στρώσεις για κατακόρυφες από κάτω προς τα πάνω ρηγματώσεις που προέρχονται από φορτία αλλά και τον περιορισμό των κατασκευαστικών παραμορφώσεων. Η διαδικασία που ακολουθείται, επιπλέον, θα πρέπει να βασίζεται περισσότερο στον σχεδιασμό με βάση την μέγιστη ένταση και λιγότερο στον σχεδιασμό με βάση την κρίσιμη παραμόρφωση ή τις κρίσιμες φθορές.

4.3 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΙΓΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ

Τα τελευταία χρόνια παράγοντες όπως η ραγδαία αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου και του μεγέθους των φορτίων των αξόνων, οι υψηλότερες απαιτήσεις των χρηστών των

οδών για άνετη οδήγηση καθώς και η αποφυγή της ενοχλητικής αναστάτωσης της κυκλοφορίας που προκαλείται κατά τη διάρκεια των εργασιών συντήρησης των οδοστρωμάτων έκριναν αναγκαίο την ανάγκη βελτίωσης της ασφάλτου και στη συνέχεια την κατασκευή των οδοστρωμάτων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση υλικών, κυρίως ασφαλτικών, τα οποία θα είχαν τα κατάλληλα χαρακτηριστικά έτσι ώστε να ικανοποιούν τις ανωτέρω απαιτήσεις.

Η πρόοδος που επιτεύχθηκε επικεντρώθηκε στην μείωση της ευαισθησίας της ασφάλτου στις θερμοκρασιακές μεταβολές και παράλληλα στην αύξηση του μέτρου δυσκαμψίας της και κατά συνέπεια τη βελτίωση της ελαστικότητας και της συγκολλητικής της ικανότητας. Δηλαδή υπό την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών η άσφαλτος δεν μαλακώνει, δεν εμφανίζει ρωγμές όπως επίσης και δεν θραύεται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Τέλος, ένα επίσης απαραίτητο στοιχείο που πρέπει να παρουσιάζει μία άσφαλτος κατάλληλη για την κατασκευή οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας είναι η καλύτερη πρόσφυση με τα αδρανή.

Χαρακτηριστικά αναφέρονται δυο κύριες κατηγορίες ασφαλτικών υλικών που χρησιμοποιούνται συχνά στην κατασκευή:

- η τροποποιημένη άσφαλτος
- τα θερμά ασφαλτομίγματα

Κάθε κατηγορία από τις παραπάνω περιέχει και πολλά είδη ασφάλτου, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε περίπτωση και όπου οι συνθήκες το απαιτούν. Τροποποιημένη άσφαλτος είναι η άσφαλτος της οποίας οι χαρακτηριστικές ιδιότητες έχουν τροποποιηθεί με την προσθήκη χημικών ή φυσικών ουσιών. Με τη βελτίωση που επέρχεται στις ιδιότητες της ασφάλτου βελτιώνεται και η αντίστοιχη συμπεριφορά του μίγματος της ασφάλτου με τα αδρανή και κατά συνέπεια η ποιότητα της κατασκευής. Η τροποποιημένη άσφαλτος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλο το φάσμα των ασφαλτικών εργασιών, δηλαδή για την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων (θερμών ή ψυχρών), για την κατασκευή των ασφαλτικών στρώσεων, για ασφαλτικές επαλείψεις κα. Θερμό ασφαλτόμιγμα ορίζεται το μίγμα ασφάλτου και μίγματος αδρανών που παράγεται εν θερμώ σε μόνιμη εγκατάσταση.

Η κοκκομετρική καμπύλη των αδρανών καθώς και ο μέγιστος κόκκος αυτών, καθορίζουν τον τρόπο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορους τύπους ασφαλτικών έργων. Τα ασφαλτομίγματα θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα αντίστασης στην παραμόρφωση και στις ρηγματώσεις από κόπωση, να έχουν συνεισφορά στη φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος, να είναι αδιαπέραστα από νερό και να παρουσιάζουν καλή εργασιμότητα κατά τη διάστρωση.

Ορισμένοι από τους πιο χαρακτηριστικούς τύπους ασφάλτων που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας είναι:

- τα ασφαλτομίγματα Macadam (πυκνής, ανοικτής και μέσης κοκκομετρικής διαβάθμισης)
- τα ασφαλτομίγματα Gussasphalt
- τα θερμά κυλινδρούμενα ασφαλτομίγματα (Hot Rolled Asphalt, HRA)
- τα Stone Mastic Asphalt (SMA).

4.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ

Τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας προσφέρουν την δυνατότητα στους μελετητές να σχεδιάζουν για ειδικές περιπτώσεις εντάσεων. Αυτό έχει σαν συνέπεια να έχουν και την δυνατότητα χρησιμοποίησης διαφορετικών υλικών και διαφορετικού σχεδιασμού μιγμάτων για κάθε ασφαλική στρώση. Τα χαρακτηριστικά αυτών των μιγμάτων πρέπει να είναι τα βέλτιστα έτσι ώστε να εξασφαλίζουν επαρκή αντίσταση στις παραμορφώσεις, στις ρηγματώσεις και σε όλα τα είδη των φθορών που ενδέχεται να εμφανιστούν. Σε όλες τις στρώσεις κύριος στόχος αποτελεί η εξασφάλιση της ανθεκτικότητας. Η θεμελίωση πρέπει να είναι ικανή να παραλάβει τα φορτία κυκλοφορίας αλλά και τα φορτία λόγω της επαφής με τις ανώτερες στρώσεις. Υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτό το στρώμα είναι αμμώδη ή μίγμα αμμωδών με αδρανή μεγαλύτερης κοκκομετρικής διαβάθμισης υποβάσεις, σταθεροποιημένα υλικά με μικρή κοκκομετρική διαβάθμιση, χονδρόκοκκα αδρανή ή ακόμα και σκυρόδεμα. Επίσης, η στρώση αυτή πρέπει να είναι καλά συμπυκνωμένη, λεία και σταθερή για να υποστηρίζει τα κυκλοφοριακά φορτία.

Η **ασφαλική στρώση βάσης** του οδοστρώματος θα πρέπει να κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να παρουσιάζει αντίσταση στις ρωγμές λόγω κόπωσης από κάμψη κάτω από την επίδραση επαναλαμβανόμενων κυκλοφοριακών φορτίων. Άρα το ασφαλικό μίγμα που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να έχει αυξημένη συνοχή και επαρκή ευκαμψία. Ένας άλλος παράγοντας που θα συντελούσε στην μείωση των εφελκυστικών τάσεων στη βάση της ασφαλικής στρώσης θα ήταν και ο σχεδιασμός του πάχους της με τέτοιο τρόπο ώστε η καμπτική τάση στο τέλος του ασφαλικού στρώματος να μειωνόταν σε σημείο που να γινόταν μικρότερη από το όριο αντοχής του ασφαλικού μίγματος.

Το **ενδιάμεσο ασφαλικό στρώμα** θα πρέπει να παρουσιάζει αντίσταση σε παραμορφώσεις μέσω της επαφής των αδρανών και της ανθεκτικότητας που προέρχεται από την σωστή επιλογή των υλικών και την καλή κοκκομετρική διαβάθμιση. Η αξιοποίηση της τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ των τραχειών επιφανειών των αδρανών καθώς και το κατάλληλο θερμό ασφαλτόμιγμα μπορούν να προσδώσουν στην ασφαλική στρώση κυκλοφορίας την επιθυμητή σταθερότητα και αντοχή.

Η **ανώτερη αντιολισθηρή ασφαλική στρώση** θα πρέπει να αντιστέκεται στις ρωγμές και παραμορφώσεις, στις ρηγματώσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών, λόγω καιρικών και κλιματικών μεταβολών, πράγμα που επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίηση των κατάλληλων ασφαλτομιγμάτων Stone Mastic Asphalt (SMA) ή πυκνής διαβάθμισης. Μια αντιολισθηρή στρώση από αδρανή ανοιχτού τύπου (ψηφίδες) και η χρησιμοποίηση μίγματος με μειωμένα συνολικά κενά αέρος εξασφαλίζει στεγανότητα της επιφάνειας του οδοστρώματος και ανανέωση αυτής. Τέλος η χρήση υψηλής ποιότητας αδρανές υλικό με μικρό συντελεστή λείανσης προσδίδει στην στρώση την απαιτούμενη φέρουσα ικανότητα και δυσκαμψία.

4.5 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΧΩΡΕΣ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ

Ένας αριθμός από προσπάθειες ανάπτυξης και εφαρμογής οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας βρίσκεται σε εφαρμογή σε διάφορες πολιτείες των Η.Π.Α. και στην Μεγάλη Βρετανία. Μέσα από αυτές τις προσπάθειες προκύπτουν συνεχώς νέα δεδομένα, τρόποι σχεδιασμού και κατασκευαστικές οδηγίες για τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας.

4.5.1 ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΕΤΑΝΙΑ

Οι πρακτικές που ακολουθήθηκαν και αναπτύχθηκαν στο παρελθόν στην Μεγάλη Βρετανία είχαν ως στόχο το σχεδιασμό ενός εύκαμπτου οδοστρώματος με διάρκεια ζωής 40 ετών και μια προγραμματισμένη συντήρηση της αρχικής του επιφάνειας σε 20 χρόνια από την κατασκευή του. Τα σύγχρονα στοιχεία δείχνουν ότι θα ήταν πιο οικονομικό και ιδιαίτερα από άποψη κόστους καθυστέρησης, ο σχεδιασμός να γίνεται έτσι ώστε το οδόστρωμα να παραμένει κατασκευαστικά επαρκές για 40 χρόνια. Έτσι θα χρειάζεται μόνο μια περιοδική αντικατάσταση της επιφάνειας του.

Το κατασκευαστικό μέρος για τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας στην Αγγλία προϋποθέτει την κατασκευή μιας μεγάλου πάχους ασφαλτικής στρώσης πάνω από μια κοκκώδη βάση και υπόβαση. Το πάχος της ασφάλτου είναι τέτοιο που να αποτρέπει την εμφάνιση ρηγματώσεων από το κάτω μέρος προς τα πάνω λόγω κόπωσης και την εμφάνιση παραμορφώσεων. Έχει διαπιστωθεί πειραματικά ότι οδοστρώματα με πάχος ασφαλτικής στρώσης λιγότερο από 180 χιλιοστά είναι ευπαθή σε κατασκευαστικές παραμορφώσεις, ενώ οι παραμορφώσεις σε μεγαλύτερου πάχους στρώσεις περιορίζονται στην κορυφή. Οι φθορές συμβαίνουν μόνο στα πρώτα 100 χιλιοστά των παχιών ασφαλτικών οδοστρωμάτων στην Αγγλία.

Η χρήση υπερβολικά δύσκαμπτων μιγμάτων επιτρέπει τον σχεδιασμό λεπτότερων στρώσεων σύμφωνα με την Βρετανική μεθοδολογία. Ωστόσο οι Βρετανοί ερευνητές έχουν θεσπίσει ένα ανώτερο όριο για το πάχος της ασφαλτικής στρώσης βασισμένο πάνω στις παρατηρούμενες εντάσεις. Μελέτες πάνω στους Βρετανικούς δρόμους δείχνουν ότι επιπλέον πάχος ασφαλτικής στρώσης πέρα από αυτής που απαιτείται για 80 εκατομμύρια ισοδύναμα μονοαξονικά φορτία δεν θα έχουν κανένα όφελος στην κατασκευή.

4.5.2 TEXAS

Η κατασκευή οδοστρώματος μακράς διάρκειας στον αυτοκινητόδρομο I-35 στην περιοχή Waco του Texas, άρχισε τον Αύγουστο του 2001. Το υπάρχον οδόστρωμα αφαιρέθηκε και αντικαταστάθηκε λόγω φθορών από υγρασία που είχαν παρουσιαστεί στα κατώτερα ασφαλτικά στρώματα. Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που λήφθηκαν υπ' όψιν στον σχεδιασμό των υλικών ήταν η παρουσία διογκούμενων αργιλωδών εδαφών τα οποία εκτείνονταν μέχρι βάθους 4.6 μέτρων πάνω από ένα ασβεστολιθικό πέτρωμα. Είναι αναγκαίο να μειωθούν οι αλλαγές της υγρασίας για αυτά τα υλικά καθώς αυτό θα περιοριζε της εποχιακές καθιζήσεις και μετακινήσεις στο οδόστρωμα. Αποφασίστηκε το θερμό ασφαλτόμιγμα που θα χρησιμοποιηθεί να έχει μικρή διαπερατότητα, πράγμα που θα βοηθούσε στη λύση του προβλήματος.

Έτσι, μια στρώση κυκλοφορίας από θερμό ασφαλτόμιγμα με δείκτη κενών αέρος 2% επιλέχθηκε κατά το σχεδιασμό. Επίσης, αποφασίστηκε ότι ένα πλούσιο σε συνδετικό υλικό στρώμα θα βοηθούσε στην εξάλειψη των ρηγματώσεων κατά τα αρχικά στάδια λειτουργίας του οδοστρώματος. Το επίπεδο κυκλοφορίας για μια περίοδο σχεδιασμού 20 ετών αναμένεται να είναι 48 εκατομμύρια ισοδύναμοι τυπικοί άξονες, και η υπόβαση κατατάχθηκε σαν άργιλος με μέτρο ελαστικότητας 82.7 Μπα. Η συνολική κατασκευή, χωρίς να περιληφθεί η αντιολισθηρή στρώση με προεπαλειμμένες ψηφίδες, είχε πάχος 480 χιλιοστά. Τα στρώματα αποτελούνταν από 50 χιλιοστά στρώση SMA, κάτω από την ανώτερη στρώση, 80 χιλιοστά ενός μίγματος 19mm, μια στρώση πάχους 250 χιλιοστών μίγματος 25mm και μια στρώση 100 χιλιοστών από αδιαπέρατο καυτό ασφαλτόμιγμα που συντελούσε στον εγκλωβισμό της

υγρασίας στα υποκείμενα αργιλικά στρώματα. Τα τεστ απόδοσης για αυτά τα μίγματα περιλαμβάνουν έλεγχο παραμορφώσεων σε διάφορα ερευνητικά κέντρα.

4.5.3 KENTUCKY

Το Kentucky αναπτύσσει τεχνογνωσία στην χρησιμοποίηση οδοστρωμάτων με ασφαλικές στρώσεις μεγάλου πάχους που καταλήγουν στην αυξημένη διάρκεια ζωής. Το τμήμα μεταφορών του Kentucky χρησιμοποιεί μια εμπειρική μέθοδο σχεδιασμού που συνήθως έχει σαν αποτέλεσμα σχετικά μεγάλα πάχη σχεδιασμού ασφαλικών οδοστρωμάτων. Συνήθως αποτελούνται από στρώσεις πυκνά διαβαθμισμένων αδρανών πάχους 100 χιλιοστών οι οποίες εδράζονται σε αργιλώδη εδάφη (μερικές φορές χημικά τροποποιημένα), και το ανώτερο στρώμα αποτελεί μια ασφαλική στρώση. Σε εργασίες συντήρησης κομμάτια από θραυσμένα και συμπυκνωμένα ασφατικά οδοστρώματα χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με ένα μεγάλου πάχους ασφατικό στρώμα.

Οι αναλύσεις δείχνουν ότι τα οδοστρώματα που κατασκευάζονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Kentucky είναι ανθεκτικά σε παραμορφώσεις. Το 2000, αποφασίστηκε η συντήρηση του αυτοκινητόδρομου I-64 στην περιοχή Louisville που περιελάμβανε την αποκατάσταση 5.3 χιλιομέτρων (δυο λωρίδες κυκλοφορίας). Ο αυτοκινητόδρομος εξυπηρετούσε καθημερινά 100.000 οχήματα με ποσοστό φορτηγών περίπου 10%. Ο σχεδιασμός με ένα εμπειρικό σύστημα κατέληξε στο τελικό πάχος σχεδιασμού ασφαλικής στρώσης 280 χιλιοστών, πράγμα που ικανοποιούσε τον περιορισμό όσον αφορά της παραμορφώσεις αλλά και το μέτρο ελαστικότητας. Η ασφαλική στρώση αποτελούνταν από ένα πυκνά διαβαθμισμένο μίγμα τροποποιημένη με πολυμερή άσφαλο στις άνω στρώσεις.

Ένα παρόμοιο έργο στον αυτοκινητόδρομο I-65 το οποίο πρόσφατα ολοκληρώθηκε ήταν η αποκατάσταση και η διαπλάτυνση ενός ήδη υπάρχοντος δύσκαμπτου οδοστρώματος στην περιοχή Bowling Green. Τα θραυσμένα και συμπυκνωμένα τμήματα του δύσκαμπτου οδοστρώματος καλύφθηκαν από μια στρώση 280 χιλιοστών θερμού ασφαλτομίγματος, ενώ στις άκρες του δρόμου όπου πρέπει να γίνει η διαπλάτυνση επιλέχθηκε μια ασφαλική στρώση 380 χιλιοστών. Η τακτική συντήρηση προέβλεπε επικάλυψη 90 χιλιοστών σε 20 χρόνια από το έτος κατασκευής και ελαφριές αντικαταστάσεις της επιφάνειας κατά τη διάρκεια της 40ετούς περιόδου ανάλυσης. Τέλος η παρουσία ενός δύσκαμπτου στρώματος θραυσμένου και συμπυκνωμένου σκυροδέματος θα αποτρέψει την εμφάνιση ρωγμών κάμψης στο ασφατικό στρώμα.

4.6 ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΚΟΙΝΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ

Τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας σε σχέση με τα κοινά οδοστρώματα έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής κατασκευής. Ο τρόπος με τον οποίο σχεδιάζονται και κατασκευάζονται τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας είναι τέτοιος που να τους προσδίδει ικανοποιητική αντοχή στο χρόνο. Πιο συγκεκριμένα ο σχεδιασμός απαιτεί την επιλογή των κατάλληλων μιγμάτων έτσι ώστε να μην παραμορφώνονται ή να ρηγματώνονται κάτω από θερμοκρασιακές μεταβολές και τον σχεδιασμό των παχών των στρώσεων έτσι ώστε να έχουν επαρκή δομική αντοχή και δυσκαμψία για να μειώνονται οι παραμορφώσεις που προκαλούνται από τα κυκλοφοριακά φορτία κάτω από ένα καθορισμένο όριο. Πάχη ασφαλικών στρώσεων μεγαλύτερα από 160 χιλιοστά θεωρούνται ότι μπορούν να εκπληρώσουν τις απαιτήσεις οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας. Βασική απαίτηση αποτελεί και ο σχεδιασμός μιας πολύ ανθεκτικής και ανανεώσιμης επιφάνειας.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία σε συνδυασμό και με τις απαιτήσεις που πρέπει να πληρεί το έδαφος θεμελίωσης, όπως η επαρκής αποστράγγιση έτσι ώστε να αποφεύγονται τα προβλήματα που δημιουργούνται από την υγρασία στις κατώτερες στρώσεις, τα οποία μπορούν να επιδεινώσουν σημαντικά και την κατάσταση της επιφάνειας και των άλλων στρώσεων του οδοστρώματος. Επιπλέον η υγρασία έχει μια σημαντική επίδραση και στην αλλοίωση του μέτρου ελαστικότητας των στρώσεων. Επίσης πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν η αλλαγή των ιδιοτήτων θεμελίωσης ανάλογα με τη αλλαγή των εποχών έτσι ώστε οι εντάσεις σε αυτά να μην υπερβαίνουν κάποια όρια κατά τα κρίσιμα διαστήματα στην διάρκεια ενός έτους και τελικά να λαμβάνονται υπ' όψιν ειδικές συνθήκες σχεδιασμού όπως η ευαισθησία των εδαφών στον πάγο, οι φθορές που μπορεί να προκαλέσει η τήξη του πάγου, τα διογκούμενα εδάφη.

Τα μίγματα που επιλέγονται για την κατασκευή των επιφανειακών στρώσεων στα οδοστρώματα μακράς διάρκειας είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε όχι μόνο να αντιστέκονται σε ρωγμές και παραμορφώσεις, αλλά και σε περίπτωση που εμφανιστούν να εμποδίζουν την διάδοση τους σε μεγάλο βάθος μέσα στην κατασκευή. Οι αναλογίες των υλικών, η περιεκτικότητα σε άσφαλτο, η κοκκομετρική διαβάθμιση και το είδος των αδρανών συνδυάζονται με τον κατάλληλο τρόπο με σκοπό να προκύψει το κατάλληλο μίγμα για την επιφανειακή στρώση. Πολλές φορές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και περισσότερα του ενός μίγματα σε στρώσεις με σκοπό την επίτευξη ενός όσο το δυνατόν καλύτερου αποτελέσματος ενάντια στις φθορές. Σημαντική ιδιότητα των παραπάνω ασφαλτομιγμάτων είναι ότι μπορούν εύκολα να αντικατασταθούν από νέα σε περίπτωση που λόγω των παραμορφώσεων και των ρηγματώσεων το επίπεδο εξυπηρέτησης πέφτει κάτω από τα επιθυμητά όρια. Σε αντίθεση, λοιπόν, με τα κοινά οδοστρώματα (εύκαμπτα - δύσκαμπτα) όπου σε περίπτωση εμφάνισης εκτεταμένων φθορών χρειάζονται ριζικές επεμβάσεις μέχρι και αντικατάσταση και ανακατασκευή των βαθύτερων στρωμάτων του οδοστρώματος (βάση, υπόβαση), στα οδοστρώματα μακράς διάρκειας αρκεί μια απόξεση της επιφανειακής στρώσης σε βάθος 100-150 χιλιοστά και στη συνέχεια αντικατάσταση της με το κατάλληλο ασφαλτόμικγμα.

Σημαντικός παράγοντας που χαρακτηρίζει την ποιότητα ενός οδοστρώματος είναι η ομαλότητα της επιφάνειας του. Η λείανση δεν επιδρά στην επιδείνωση της δομικής κατάστασης αλλά περισσότερο σε επίπεδο ασφάλειας και εξυπηρέτησης. Τα μίγματα που χρησιμοποιούνται στις αντλιοσθηρές στρώσεις οδοστρωμάτων μακράς διάρκειας είναι ανθεκτικά στην λείανση των επιφανειακών αδρανών, και πολλές φορές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικές στρώσεις επάλειψης, μικρού πάχους, με σκοπό την βελτίωση της αντλιοσθηρότητας της επιφανειακής στρώσης. Επειδή η παρουσία του νερού επιδεινώνει την κατάσταση όσον αφορά την λείανση της επιφάνειας, πολλές φορές χρησιμοποιούνται και αντιυδροφιλά υλικά σε αυτές τις στρώσεις. Το φαινόμενο της ανάδυσης της ασφάλτου μπορεί επίσης να προκαλέσει προβλήματα ολισθηρότητας και για αυτό το λόγο, σε αντίθεση με τα κοινά οδοστρώματα, στα οδοστρώματα μακράς διάρκειας το φαινόμενο αυτό είναι περιορισμένο, λόγω των σύγχρονων υλικών που χρησιμοποιούνται.

Η καλή κατάσταση των επιφανειακών στρώσεων αλλά και των κατώτερων στρωμάτων εξασφαλίζει το ελάχιστο δυνατό κόστος των χρηστών του οδοστρώματος. Αυτό σημαίνει ότι παρουσιάζεται:

- μικρότερο κόστος φθοράς των οχημάτων κατά την κυκλοφορία τους
- μικρότερη κατανάλωση καυσίμων και κατά συνέπεια ελαχιστοποίηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Οι εργασίες συντήρησης επίσης αν και απαιτούν βαριά μηχανήματα γίνονται σε μεγάλα χρονικά διαστήματα (κάθε 20 χρόνια) και για αυτό το λόγο οι επιπτώσεις στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια των εργασιών είναι μειωμένες. Η ηχορύπανση τόσο κατά τη διάρκεια της κατασκευής όσο και κατά τη διάρκεια λειτουργίας του έργου είναι σε επιθυμητά όρια, λόγω της χρήσης προηγμένων ασφαλτομιγμάτων που μειώνουν τον θόρυβο που προκαλείται από την επαφή των ελαστικών με το οδόστρωμα. Τέλος όλα τα υλικά που προκύπτουν από την συντήρηση είναι ανακυκλώσιμα και έτσι μειώνεται ακόμα περισσότερο η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Οι εργασίες συντήρησης για ένα οδόστρωμα μακράς διάρκειας περιλαμβάνουν απομάκρυνση της επιφανειακής του στρώσης μέχρι βάθους 100 χιλιοστών οι περισσότερες φθορές περιορίζονται σε αυτό το βάθος και η αντικατάσταση της με νέα ίδιου ή μεγαλύτερου πάχους. Εργασίες συντήρησης σύμφωνα με τον σχεδιασμό προβλέπεται να γίνονται κάθε 20 χρόνια και θα έχουν την παραπάνω μορφή. Σε αντίθεση με τα κοινά οδοστρώματα τα οποία ενδέχεται να χρειαστούν νωρίτερα συντήρηση και το είδος αυτής θα είναι μεγαλύτερο σε έκταση από μια απλή αντικατάσταση της επιφανειακής στρώσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΑΦΡΩΔΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΣ

Η αφρώδης άσφαλτος παράγεται προσθέτοντας μικρές ποσότητες νερού σε θερμό ασφαλτικό (περίπου 2 - 3 % κατά βάρος ασφαλτικού). Η άσφαλτος που χρησιμοποιείται γι' αυτή τη διαδικασία είναι ασφαλτικό συνηθισμένου βαθμού διείδυσης, τύπου B60 έως B200, το οποίο χρησιμοποιείται για την παρασκευή ασφάλτου στην κατασκευή νέου δρόμου. Όταν εισάγεται στο θερμό ασφαλτικό, το νερό εξατμίζεται απότομα, προκαλώντας έτσι εκρηκτική αφροποίηση του ασφαλτικού στον κεκορεσμένο ατμό. Το νερό είναι ο φορέας του διαμορφωμένου σε σταγονίδια ασφαλτικού και μέσα σε λίγα μόνο δευτερόλεπτα, το ασφαλτικό μπορεί έτσι να επεκταθεί 20 με 30 φορές από τον αρχικό του όγκο. Αυτή η διαδικασία μπορεί να συγκριθεί με αυτό που μπορεί να παρατηρηθεί εάν λίγες σταγόνες νερού προστεθούν σε ζεστό λάδι σε ένα τηγάνι. Το νερό εξατμίζεται απότομα και οδηγεί σε μία συνήθως μη ελεγχόμενη διαστολή του λαδιού στο τηγάνι.

Η ένταση και αποτελεσματικότητα της διαδικασίας αφροποίησης μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω μέσω μίας ελεγχόμενης λειτουργίας των βασικών φυσικών παραγόντων, όπως η πίεση και η θερμοκρασία. Στις μηχανές κατασκευής δρόμου ή εργαστηριακές εγκαταστάσεις, αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται σε ένα κιβώτιο διαστολής όπου το νερό εισάγεται στο θερμό ασφαλτικό το οποίο έχει μία θερμοκρασία περίπου 180 °C και πίεση περίπου 5 bar . Το αφρώδες ασφαλτικό που παράγεται έτσι διαφεύγει από το κιβώτιο διαστολής μέσω ενός εγχυτήρα και μπορεί αμέσως μετά να αναμιχθεί με το ορυκτό αδρανές και να επεξεργαστεί.

Η αφροποίηση του ασφαλτικού καταλήγει σε έναν αριθμό βελτιώσεων όσον αφορά τα χαρακτηριστικά και στο χειρισμό του ως συνδετικό παράγοντα. Ο αφρός έχει μία σημαντικά μεγαλύτερη επιφάνεια απ' ότι το υγρό ασφαλτικό και έτσι μπορεί να καλύψει καλύτερα το ψυχρό και υγρό μίγμα ορυκτών αδρανών. Η διαδικασία αφροποίησης μειώνει το ασφαλτικό ιξώδες και έτσι βελτιώνει τις δυνατότητες διασποράς του. Αυτό οδηγεί σε βελτιωμένες δυνατότητες κάλυψης του μίγματος ορυκτών αδρανών, όπου υλικά με μικρότερη επιφάνεια καλύπτονται καλύτερα από ότι εκείνα με μεγαλύτερη επιφάνεια. Σε αντίθεση με το θερμό ασφαλτικό, το αφροποιημένο ασφαλτικό έχει μία θερμοκρασία περίπου 50 – 60 °C .

5.1.1 Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΦΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ

Οι κύριοι παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του τελικού αφροποιημένου ασφαλτικού προϊόντος είναι η διαστολή και η ημιζωή. Η διαστολή ορίζεται ως η αναλογία ανάμεσα στον μέγιστο επιτυγχανόμενο όγκο αφροποιημένου ασφαλτικού και στον πρωταρχικό όγκο του μη αφροποιημένου ασφαλτικού. Για να επιτευχθεί αφροποιημένο ασφαλτικό υψηλής ποιότητας, η διαστολή θα πρέπει να είναι > 15. Η ημιζωή ορίζεται ως ο χρόνος στον οποίο το αφροποιημένο ασφαλτικό έχει μειώσει το μέγιστο όγκο κατά 50 %. Μετά από κάποιο συγκεκριμένο χρόνο, το αφροποιημένο ασφαλτικό καταρρέει εξαιτίας της πυκνοποίησης του ατμού που ψεκάζεται στο κιβώτιο διαστολής. Η ημιζωή συνήθως μετράται σε δευτερόλεπτα. Σαν κανόνας, όσο μεγαλύτερη είναι η διαστολή και όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος υποδιπλασιασμού, τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα του αφροποιημένου ασφαλτικού. Για αφροποιημένο ασφαλτικό υψηλής ποιότητας, ο χρόνος υποδιπλασιασμού θα πρέπει να είναι μεταξύ 5 και 10 δευτερολέπτων.

Οι παράμετροι ημιζωή, διαστολή και η ποιότητα του αφροποιημένου ασφαλτικού μπορούν να επηρεαστούν από έναν αριθμό παραγόντων, όπως είναι η θερμοκρασία του θερμού ασφαλτικού, η ποσότητα του νερού που προστίθεται ή η πίεση που εφαρμόζεται στη διαδικασία αφροποίησης.

5.1.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΦΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ

Οι αφρώδεις ιδιότητες μπορούν να ελεγχθούν με την κινητή εργαστηριακή εγκατάσταση Wirtgen, WLB 10.



Εικόνα 5.1: Εργαστηριακή εγκατάσταση Wirtgen, WLB 10

Η εργαστηριακή εγκατάσταση για αφροποιημένο ασφαλτικό καθιστά δυνατό τον εκτεταμένο έλεγχο των ιδιοτήτων αφρισμού των ασφαλτούχων τύπων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Με σκοπό να καθοριστεί ο βέλτιστος ασφαλτούχος αφρός, μία σειρά από δοκιμές μπορούν να διεξαχθούν με ποικίλες θερμοκρασίες ασφάλτου και ποσότητες προστιθέμενου νερού και αέρα. Ο ασφαλτικός αφρός μπορεί επίσης να εισαχθεί απευθείας σε ένα εργαστηριακό αναμίκτη για την παραγωγή δειγμάτων ελέγχου, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για δοκιμή καταλληλότητας.

5.1.3 ΧΡΗΣΗ ΑΦΡΩΔΟΥΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΩΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕ ΥΛΙΚΑ ΨΥΧΡΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σε ένα πρώτο στάδιο, το μίγμα αδρανών ελέγχεται και το ψυχρό κατεργασμένο υλικό αναμιγνύεται με το αφρώδες ασφαλτικό άριστης ποιότητας και υποβάλλεται σε δοκιμή. Η περιεκτικότητα παιπάλης στο μίγμα των ανόργανων αδρανών (διερχόμενα από το κόσκινο των 0,075 mm) είναι πολύ σημαντική όταν χρησιμοποιείται αφρώδες ασφαλτικό ως συνδετικός παράγοντας. Η διαδικασία αφροποίησης οδηγεί σε μία διαστολή της επιφάνειας του ασφαλτικού και έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του ιξώδους του.

Οι ιδιότητες διασποράς που βελτιώνονται έτσι διασφαλίζουν καλύτερη επικάλυψη των συστατικών στο μίγμα του ορυκτού αδρανούς, το οποίο έχει ένα σχετικά μικρό μέγεθος κόκκων και είναι έτσι συνδεδεμένα σε μορφή κονιάματος μέσω του συνδετικού παράγοντα αφρώδους ασφαλτικού. Εάν υπάρχει ανεπάρκεια στην απαιτούμενη περιεκτικότητα υλικού πλήρωσης (παιπάλη) της τάξης περίπου 4 - 5 % στα ορυκτά αδρανή, θραυστή άμμος ή ένας υδραυλικός συνδετικός παράγοντας (άσβεστος ή τσιμέντο) μπορεί να προστεθεί σαν εναλλακτική λύση.

5.1.4 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΦΡΩΔΟΥΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ

Αφού έχουν καθοριστεί οι βέλτιστες ιδιότητες αφρού, για παράδειγμα με την κινητή εργαστηριακή εγκατάσταση του αφρώδους ασφαλτικού Wirtgen, WLB 10, δείγματα ελέγχου μπορούν να παραχθούν από το υλικό ψυχρής επεξεργασίας. Ο ασφαλτούχος αφρός μπορεί να εισαχθεί απευθείας στο ομογενοποιημένο αδρανές που έχει τοποθετηθεί σε ένα εργαστηριακό μίκτη. Με σκοπό να προσδιοριστεί και να επιτευχθεί η βέλτιστη ασφαλτική περιεκτικότητα, ποικίλες ασφαλτικές ποσότητες με τη βέλτιστη περιεκτικότητα σε νερό προστίθενται στο μίγμα των αδρανών.

5.1.5 ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΝ ΨΥΧΡΩ ΚΑΤΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Το εν ψυχρώ κατεργασμένο υλικό που παράγεται με αφρώδες ασφαλτικό (χωρίς την προσθήκη τσιμέντου) μπορεί να αποθηκευτεί για πολύ μεγάλες χρονικές περιόδους. Οι ιδιότητες αποθήκευσης εξαρτώνται από την περιεκτικότητα σε νερό. Εάν η περιεκτικότητα του νερού στο εν ψυχρώ κατεργασμένο υλικό διατηρηθεί κοντά στη βέλτιστη τιμή μέσω κατάλληλων μέτρων, όπως προστασία από τον ήλιο και τον άνεμο, μπορεί να αποθηκευτεί περισσότερο ή λιγότερο απροσδιόριστα. Οι απώλειες υγρασίας μπορούν να αναπληρωθούν προσθέτοντας μία αντίστοιχη ποσότητα νερού και ομογενοποιώντας το εν ψυχρώ κατεργασμένο υλικό άλλη μία φορά, για παράδειγμα σε μία εγκατάσταση ανάμιξης.

Τα υλικά που κατεργάζονται με αφρώδες ασφαλτικό μπορούν, για μία παρατεταμένη περίοδο, επίσης να τοποθετηθούν κάτω από δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Το ασφαλτικό δεν ξεπλένεται από τα αδρανή. Ένα ιδιαίτερο πλεονέκτημα στις περιοχές εργασιών αποκατάστασης δρόμων είναι το γεγονός ότι το εν ψυχρώ κατεργασμένο υλικό μπορεί να αποδοθεί στην κυκλοφορία αμέσως μετά τη συμπίκνωση. Τα κωλύματα στην κυκλοφορία που προκαλούνται από την εκτέλεση των εργασιών πεδίου μπορούν έτσι να διατηρηθούν σε ένα απόλυτο ελάχιστο. Το γεγονός ότι το αφρώδες ασφαλτικό μπορεί να παραχθεί από ασφαλτικό συνηθισμένου βαθμού διείσδυσης με την προσθήκη μικρών ποσοτήτων νερού μόνο, καταλήγει σε οικονομικά οφέλη εξαιτίας του μειωμένου κόστους για τη χρήση του ως συνδετικού παράγοντα και αναφορικά με τις ευκολίες μεταφοράς. Οικολογικές απόψεις επίσης, μιλάνε για την εφαρμογή της τεχνολογίας του αφρώδους ασφαλτικού στην κατασκευή δρόμου.

5.1.6 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΕΝ ΨΥΧΡΩ ΚΑΤΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΜΕ ΑΦΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟ

Η επεξεργασία υλικών οδοστρώσις όπου υπάρχουν, δηλαδή συνήθως σαν ελαττωματικό υλικό οδοστρώματος σε μια θέση εργασιών αποκατάστασης, μπορεί να διεξαχθεί επί τόπου με κατάλληλα μηχανήματα ανακύκλωσης όπως για παράδειγμα, ο ανακυκλωτής Wirtgen WR 2500 ή ο νέος ψυχρός ανακυκλωτής Wirtgen 2200 CR.



Εικόνα 5.2 : Ανακυκλωτής Wirtgen WR 2500



Εικόνα 5.3 : Ο ψυχρός ανακυκλωτής Wirtgen 2200 CR

Η τεχνολογία αφροποιημένου ασφαλτικού επιτρέπει τη διεξαγωγή της διαδικασίας αφροποίησης στο ίδιο το μηχάνημα, με την προσθήκη μικρών ποσοτήτων νερού. Στο δοχείο ανάμιξης του ανακυκλωτή, το υλικό οδοστρώματος που έχει υποστεί αναμόχλευση ανακυκλώνεται για να διαμορφώσει την υπόβαση από αφροποιημένο ασφαλτικό.

Η επί τόπου ανακύκλωση με αφροποιημένο ασφαλτικό, επίσης, απαιτεί την προσθήκη της απαραίτητης περιεκτικότητας σε παιπάλη εάν το υπάρχον υλικό του οδοστρώματος δεν περιέχει το ελάχιστο απαιτούμενο επί τοις εκατό ποσοστό λεπτόκοκκων (κατ' ελάχιστον 4 - 5% διερχόμενο από το κόσκινο των 0.075 mm). Αυτό είναι υποχρεωτικό για να επιτευχθεί η απόσπαση του συνδετικού παράγοντα από το ασφαλτικό σε μορφή σταγονιδίων και για να διασφαλιστεί μία καλή φέρουσα ικανότητα φορτίου της συμπυκνωμένης υπόβασης. Το πρόβλημα μπορεί να αποκατασταθεί διαστρώνοντας αρχικά θραυστή άμμο ή με τη χρήση ενός υδραυλικού συνδετικού παράγοντα. Η καμπύλη διαβάθμισης της υπάρχουσας άμμου μπορεί επίσης να βελτιωθεί διαστρώνοντας επιπρόσθετο χοντρόκοκκο υλικό.

Παρόμοιες διαδικασίες μπορούν να διεξαχθούν εάν η στρώση του υπάρχοντος προς αποκατάσταση οδοστρώματος δεν έχει αρκετό πάχος. Η διάστρωση των λεπτόκοκκων υλικών ή του επιπρόσθετου χοντρόκοκκου υλικού πρέπει να διεξάγεται ακριβώς πριν την αναμόχλευση του υπάρχοντος κατεστραμμένου υλικού του οδοστρώματος. Μετά την πρώτη διέλευση του μηχανήματος, που κυρίως εξυπηρετεί την ομογενοποίηση του υπάρχοντος υλικού, ο συνδετικός παράγοντας μπορεί μετά, σε μια δεύτερη διέλευση του μηχανήματος, να αναμιχθεί με το έδαφος. Αφού διαμορφωθεί η διατομή με ένα γκρέιντερ και επακολουθήσει συμπύκνωση, η στρώση της υπόβασης μπορεί να δοθεί στην κυκλοφορία αμέσως.

Σαν εναλλακτική λύση στην επί τόπου παραγωγή νέων στρώσεων υπόβασης, το εν ψυχρώ κατεργασμένο υλικό με αφροποιημένο ασφαλτικό μπορεί επίσης να παραχθεί σε εγκαταστάσεις. Αποθηκεύσιμο εν ψυχρώ κατεργασμένο υλικό, σταθεροποιημένο με αφροποιημένο ασφαλτικό μπορεί για παράδειγμα, να παραχθεί στην κινητή ψυχρής ανακύκλωσης εγκατάσταση ανάμιξης της Wirtgen KMA 150, χρησιμοποιώντας είτε ανακτώμενο ασφαλτικό υλικό είτε καινούρια, διαβαθμισμένα αδρανή. Το εν ψυχρώ κατεργασμένο υλικό μπορεί τότε, παρόμοια με μία κανονική υδραυλικά συνδεδεμένη στρώση, να τοποθετηθεί μέσω ενός ασφαλτικού διαστρωτή ανάλογα με τη διατομή. Εδώ επίσης, το οδόστρωμα μπορεί να δοθεί στην κυκλοφορία αμέσως μετά τη συμπίκνωση.

5.1.7 ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ

Σε αυτό το σημείο αναφέρονται όλα όσα πρέπει να εξετάσει κάποιος για να αποφασίσει αν η σταθεροποίηση με άσφαλτο είναι η κατάλληλη λύση σε μια δοσμένη κατάσταση.

Κατάλληλες χρήσεις

Καταστάσεις οι οποίες μπορούν να δώσουν λαβή να εξεταστεί η χρήση της τεχνολογίας της αφρώδους ασφάλτου περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- ένα οδόστρωμα έχει επανειλημμένως υποστεί μπαλώματα σε έκταση όπου οι επισκευές του οδοστρώματος δεν είναι πλέον οικονομικά εφικτές
- μια ασθενής κοκκώδης βάση υπέρκειται ενός εύλογα ισχυρού υπεδάφους (απαιτείται ελάχιστο CBR 5%)
- συμβατικές σφραγίσεις ή λεπτές ασφαλτικές επιστρώσεις δεν μπορούν να επιδιορθώσουν προβλήματα πλημμυρισμού
- η υπερφόρτωση είναι σημαντική και δεν μπορεί να ελεγχθεί εύκολα.

Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης συμπεριλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- αύξηση της διατμητικής αντοχής κοκκώδους οδοστρώματος
- τα χαρακτηριστικά αντοχής προσεγγίζουν εκείνα των κατεργασμένων με τσιμέντο υλικών ενώ παραμένουν εύκαμπτα και ως εκ τούτου ανθεκτικά σε κόπωση
- απαιτούνται χαμηλότερες περιεκτικότητες σε υγρασία σε σύγκριση με τη σταθεροποίηση με ασφαλτικό γαλάκτωμα και ως εκ τούτου τα υγρά σημεία ελαχιστοποιούνται
- μετά την κατασκευή, το οδόστρωμα μπορεί να ανεχτεί βαριά βροχόπτωση με ελάχιστη επιφανειακή φθορά κάτω από κυκλοφορία και είναι λιγότερο ευπαθές στις επιδράσεις του καιρού από ότι άλλες μέθοδοι σταθεροποίησης
- εφαρμόζεται επί τόπου και ως εκ τούτου είναι πιο γρήγορη από άλλες μεθόδους αποκατάστασης όπως η επίστρωση.

Μειονεκτήματα

Τα μειονεκτήματα της χρήσης σταθεροποίησης με αφρώδη άσφαλτο συμπεριλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- πιο ακριβή από τη σταθεροποίηση με άσβεστο / ιπτάμενη τέφρα

- όχι κατάλληλη για όλους τους τύπους οδοστρωμάτων (απαιτείται πλήρης κατανομή του μεγέθους των κόκκων)
- οι μεθοδολογίες σχεδιασμού για την αφρώδη άσφαλτο είναι σχετικά καινούργιες, καθώς μια γρήγορη εξέλιξη της τεχνολογίας που σχετίζεται με τη σταθεροποίηση με αφρώδη άσφαλτο μόλις πρόσφατα έχει ξεκινήσει
- η διαδικασία απαιτεί θερμή άσφαλτο (180°C) για να είναι επιτυχής η αεροποίηση και κατά συνέπεια υπάρχει κίνδυνος εγκαυμάτων (κοινή σε όλες τις εργασίες κατασκευής του δρόμου στις οποίες χρησιμοποιείται θερμή άσφαλτος)
- απαιτείται ειδικός εξοπλισμός για τη σταθεροποίηση με αφρώδη άσφαλτο.

5.1.8 ΤΡΕΙΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΑΦΡΩΔΗ ΑΣΦΑΛΤΟ

5.1.8.1 ΔΟΚΙΜΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ GLADFIELD

Το Main Road's εφάρμοσε την πρώτη δοκιμή με αφρώδη άσφαλτο στο Queensland σε τμήμα 1.6 km του αυτοκινητοδρόμου Cunningham στο Gladfield (21km ανατολικά του Warwick) το Μάιο του 1997.

Το αργιλώδες αμμοχάλικο με CBR 30% πάνω από μαύρα χώματα με CBR 2% σταθεροποιήθηκε σε βάθος 200 mm στην εσωτερική τροχιά και σε βάθος 250 mm στην εξωτερική τροχιά χρησιμοποιώντας 3.5% άσφαλτο και 2% τσιμέντο. Στο τέλος της πρώτης μέρας της δοκιμής μετρήθηκαν βυθίσεις της τάξης των 0.75mm στο υπό δοκιμή οδόστρωμα. Στο σταθεροποιημένο οδόστρωμα η κυκλοφορία επιτράπηκε μετά από κάθε μέρα εργασίας στην οποία το οδόστρωμα δεν παρουσίασε κανένα σημάδι πρόωρης καταπόνησης.

Ο πολύ μεγάλος αριθμός εμπορικών οχημάτων στη λεωφόρο Cunningham (AATD =4000 με 24% εμπορικά οχήματα) και αυτές οι μικρές πρώιμες βυθίσεις είναι μια καλή ένδειξη της ικανότητας του σταθεροποιημένου με αφρώδη άσφαλτο οδοστρώματος να αναπτύξει γρήγορα αντοχή και της πιθανότητας να επιτραπεί άμεσα η κυκλοφορία.

Μετά την ολοκλήρωση της δοκιμής το οδόστρωμα αφέθηκε χωρίς επίστρωση για περίοδο δύο εβδομάδων και μετά σφραγίστηκε ελαφρά. Το οδόστρωμα δεν είχε υποστεί καμιά καταπόνηση αυτή την περίοδο. Μετά από τρεις μήνες το μέτρο που υπολογίστηκε από τις βυθίσεις ήταν 1,20 Mpa. Μετά από δύο χρόνια λειτουργίας το οδόστρωμα παρουσιάζει καταπόνηση περίπου στο 10% του οδοστρώματος εξαιτίας της ρηγμάτωσης, τα οποία συμπίπτουν με τα αρχικά μπαλώματα που ήταν κατεργασμένα από τσιμέντο και λόγω της έλλειψης υποστήριξης του υποστρώματος και της υπερφόρτωσης, αλλά κατά τα άλλα λειτουργεί κανονικά. Πιστεύεται ότι η χρήση άσβεστου αντί για τσιμέντο ως συμπληρωματικό πρόσθετο σε μελλοντικές κατεργασίες με αφρώδη άσφαλτο θα μειώσει την ρηγμάτωση η οποία εμφανίζεται να συμπίπτει με τα προηγούμενα σταθεροποιημένα από τσιμέντο μπαλώματα.

5.1.8.2 ΔΟΚΙΜΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ GYMPIE

Μετά την αρχική επιτυχία στο Gladfield, η Main Road's δοκίμασε αφρώδη άσφαλτο με ποικίλα πρόσθετα στο δρόμο Rainbow Beach, ανατολικά του Gympie, για να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα διαφόρων τύπων μίγματος σε οδοστρώματα με αμμοχάλικο χαμηλής πλαστικότητας και σε αμμώδη οδοστρώματα.

Δοκιμάστηκαν οι ακόλουθοι τύποι μίγματος:

- 1% και 3% υπολειμματική άσφαλτος από γαλάκτωμα με 1% και 2% τσιμέντο
- 3%, 4% και 5% αφρώδη άσφαλτο με 2% υδράσβεστο και
- ένα τμήμα ελέγχου από κοκκώδη κατασκευή.

Κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάμεσα στην κατασκευή και την σφράγιση η εργασία δέχτηκε κάποιες βροχές. Το τμήμα της αφρώδους ασφάλτου κράτησε καλά και ήταν δυνατή η κυκλοφορία ενώ το τμήμα του ασφαλτικού γαλακτώματος έγινε πολύ ολισθηρό με εμφάνιση μερικών αυλακιών. Αποκοσκινίδια έπρεπε να επιστρωθούν στην επιφάνεια για να επιτρέπεται και πάλι η κυκλοφορία στο σταθεροποιημένο με γαλάκτωμα τμήμα. Και τα δύο τμήματα τόσο της αφρώδους ασφάλτου όσο και του ασφαλτικού γαλακτώματος λειτουργούν κανονικά. Με συνεχόμενες μακροπρόθεσμες αποτυπώσεις, θα μπορούμε να διαπιστώσουμε αν η αφρώδης άσφαλτος έχει ανώτερες ιδιότητες κόπωσης.

5.1.8.3 ΔΟΚΙΜΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ INGLEWOOD

Μια τρίτη δοκιμή αφρώδους ασφάλτου εφαρμόστηκε του Ιουνίου του 1998 στον αυτοκινητόδρομο Cunningham ανατολικά του Inglewood χρησιμοποιώντας 4% άσφαλτο και 1.5% υδράσβεστο. Στο τέλος της πρώτης μέρας της παραγωγής, το έργο δέχτηκε 30mm βροχής μετά την οποία ο δρόμος εξακολούθησε να είναι κυκλοφορήσιμος. Η μόνη εργασία που απαιτούνταν ήταν η αφαίρεση ενός λεπτού στρώματος υδαρούς κονιάς από την κορυφή του οδοστρώματος χρησιμοποιώντας ένα ισοπεδωτή. Το έργο έμεινε ασφράγιστο για διάστημα έξι εβδομάδων, κατά τη διάρκεια του οποίου δέχτηκε 142mm βροχής.

Η βροχόπτωση θα μπορούσε να καταστρέψει ένα συμβατικό μη συνδεδεμένο οδόστρωμα, ωστόσο προέκυψε το σταθεροποιημένο οδόστρωμα από αφρώδη άσφαλτο να απαιτεί μόνο σχετικά μικρά μπαλώματα. Είναι και αυτό ένας θετικός δείκτης αντοχής του σταθεροποιημένου οδοστρώματος από αφρώδη άσφαλτο και της μειωμένης δεκτικότητάς του σε φθορές από υγρό καιρό, σε σύγκριση με άλλες μεθόδους αποκατάστασης. Αυτό το οδόστρωμα λειτουργεί πολύ καλά και δεν απαιτήθηκε συντήρηση αφότου σφραγίστηκε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Από τον 19ο αιώνα η οικονομική σκέψη είχε στραφεί στη σωστή διαχείριση των φυσικών πόρων. Στον 20ο αιώνα η έννοια της σταθερής οικονομίας περιλαμβάνει και την έννοια της ρύπανσης. Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης στη διαχείριση των πόρων είναι καθοριστική. Η οικονομική ανάπτυξη των βιομηχανικών κρατών έχει οδηγήσει σε μία υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων, η οποία συνοδεύεται από σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και σημαντική κατανάλωση ενέργειας. Σύμφωνα με την στρατηγική της Ε.Ε. για την αειφόρο διαχείριση των φυσικών πόρων απαιτείται :

- η διασφάλιση της διαθεσιμότητας των πόρων
- η διαχείριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της χρήσης των πόρων

Βασικός στόχος της Ε.Ε., όπως αυτός αναπτύσσεται στο 6ο Πρόγραμμα Δράσης της Ε.Ε. για το Περιβάλλον, είναι η αποσύνδεση της χρήσης των πόρων και της παραγωγής των αποβλήτων από τον ρυθμό της οικονομικής μεγέθυνσης.

6.1.1 Η ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η εκμετάλλευση φυσικών πόρων σε ορισμένες βιομηχανικές χώρες έχει πάρει τρομακτικές διαστάσεις. Η ραγδαία οικονομική αύξηση συνοδεύεται από μία υπερβολική αύξηση αναγκών για χρήση αδρανών υλικών. Για παράδειγμα, σε χώρες όπως η Γαλλία και η Μ. Βρετανία παρατηρήθηκε, από πρόσφατες στατιστικές, τετραπλασιασμός των αναγκών μέσα σε μία δεκαετία. Από την άλλη πλευρά στις βιομηχανικές χώρες οι συνολικές ποσότητες των διαφόρων στερεών αποβλήτων και παραπροϊόντων παρουσιάζονται ιδιαίτερα αυξημένες. Η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των στερεών αποβλήτων και των βιομηχανικών παραπροϊόντων στη δομική βιομηχανία και σε κατασκευές έργων αποτελεί μία σημαντική πρακτική ορθής διαχείρισης φυσικών πόρων.

Πιο συγκεκριμένα τα πλεονεκτήματα της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης είναι :

- μείωση της ανάγκης για χρήση και εκμετάλλευση φυσικού μη ανανεώσιμου κεφαλαίου
- αποφεύγονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η κατανάλωση ενέργειας από την εξόρυξη των πρωτογενών πρώτων υλών, καθώς και από τη μεταποίηση των πρώτων υλών κατά την παραγωγική διαδικασία
- μείωση της ποσότητας των απορριπτόμενων υλικών και κατά συνέπεια περιορισμός των αναγκαίων χώρων εναπόθεσής και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνεπάγονται
- μείωση του κόστους κατασκευής λόγω χαμηλού ή μηδενικού κόστους των στερεών αποβλήτων
- βελτίωση της ποιότητας παραγωγής λόγω ευεργετικής δράσης των αποβλήτων

6.1.2 Η ΧΡΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΟΔΟΠΟΙΑ

Η κατασκευή των οδικών έργων χαρακτηρίζεται από τη χρήση μεγάλης ποσότητας αδρανών υλικών. Η αγορά των αδρανών παίζει σημαντικό ρόλο στην Ελληνική οικονομία, καθώς αποτελεί το 45% της συνολικής εξόρυξης των ορυκτών. Η παραγωγή τους στηρίζει την ελληνική οικονομία, όμως ο τρόπος εξόρυξης και παραγωγής τους προκαλεί σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (αέριοι ρύποι, θόρυβος, σκόνη, αισθητική ενόχληση). Η χρήση των εναλλακτικών, φιλικών προς το περιβάλλον, υλικών ως αντικατάσταση των φυσικών αδρανών στην κατασκευή οδικών έργων, θα πρέπει να ικανοποιεί στόχους μέσα σε πλαίσια περιβαλλοντικών, τεχνικών και οικονομικών κριτηρίων, όπως είναι :

- οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των νέων υλικών να είναι συμβατές με το περιβάλλον (να μην εμφανίζονται προβλήματα τοξικότητας ή υψηλής διαλυτότητας στο νερό)
- οι μηχανικές ιδιότητες των υλικών να είναι συμβατές με τις ιδιότητες των αδρανών
- η ποσότητα των υλικών να είναι επαρκής και ο ρυθμός παραγωγής τ σταθερός (ένας ρυθμός παραγωγής του παραπροϊόντος τουλάχιστον της τάξεως του 50.000 τόνοι/έτος εξασφαλίζει μία ποσότητα για ευρείας κλίμακας τεχνική εφαρμογή).
- το κόστος επεξεργασίας και μεταφοράς των υλικών στον τόπο κατασκευής, να είναι οικονομικά αποδεκτό.

Τα απορριπτόμενα υλικά που χρησιμοποιούνται σε έργα οδοποιίας διαφέρουν από χώρα σε χώρα, ανάλογα με κριτήρια διαθεσιμότητας, επάρκειας και κόστους. Στον πίνακα 6.1 που ακολουθεί περιλαμβάνονται εναλλακτικά υλικά και παραπροϊόντα που χρησιμοποιούνται σε κατασκευές οδικών έργων.

A/A	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	ΠΕΛΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
A. Παραπροϊόντα		
1	Σκωρίες (υψικαμίνων, μεταλλουργικές)	Επιχώματα, αγροτική οδοποιία , υποβάσεις και βάσεις σταθεροποιημένες και μη αντιπαγετική στρώση , επιφανειακές ασφαλτικές στρώσεις
2	Τέφρες θερμοηλεκτρικών εγκαταστάσεων	Επιχώματα , επιφανειακές στρώσεις βάσεις & υποβάσεις , ασφαλτοσκυρόδεμα
3	Υπόλειμμα εγκαταστάσεων παραγωγής τσιμέντου	Υποβάσεις , βάσεις
4	Παραπροϊόντα χημικής βιομηχανίας	Ασφαλτομίγματα
5	Παραπροϊόντα ορυχείων	Επιχώματα, αγροτική οδοποιία , σταθεροποιημένες και μη βάσεις , ασφαλτομίγματα
B. Προς απόρριψη		
6	Απορρίμματα & τέφρα καύσης τους	Ασφαλτομίγματα (με πλαστικό υλικό) , επιχώματα , σταθεροποιημένες βάσεις (το πλαστικό υλικό)
7	Ελαστικά οχημάτων	Επιφανειακές στρώσεις και υποβάσεις
8	Γυαλί	Ασφαλτικές στρώσεις
9	Προϊόντα κατεδαφίσεων κτιρίων & οδοστρωμάτων (τούβλα, σκυρόδεμα κ.λ.π)	Χωματοουργικά , υποβάσεις , βάσεις

Πίνακας 6.1 : Εναλλακτικά υλικά και παραπροϊόντα που χρησιμοποιούνται σε οδικά έργα

6.1.3 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΟΥ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στον Ελλαδικό χώρο υπάρχει πλήθος υλικών, τα οποία παρουσιάζουν ενδιαφέρον για χρήση σε κατασκευές και ειδικότερα στην Οδοποιία. Ο πίνακας 6.2 παρουσιάζει τα εναλλακτικά και παραπροϊόντα τα οποία έχουν τύχει χρήσης μεγαλύτερης ή μικρότερης.

A/A	ΥΛΙΚΟ	ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
1	Ιπταμένη Τέφρα	Επιχώματα, βάσεις – υποβάσεις, ασφαλτοσκυρόδεμα, παραγωγή τσιμέντου
2	Σκωρίες	Βάσεις – υποβάσεις, Παραγωγή τσιμέντου, αντιολισθηρές επιφάνειες οδοστρωμάτων
3	Παραπροϊόντα εξόρυξης βωξίτη, (στείρα)	Επιχώματα, Στεγανοποιητική στρώση, χώρων απόθεσης απορριμμάτων
4	Παραπροϊόντα λευκόλιθου	Βάσεις – υποβάσεις, Άμμος κονιαμάτων ή σκυροδέματος
5	Ελαστικά οχημάτων	Ασφαλτομίγματα

Πίνακας 6.2 : Εναλλακτικά υλικά και παραπροϊόντα στον ελλαδικό χώρο

6.1.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα πλεονεκτήματα της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης βιομηχανικών παραπροϊόντων στην κατασκευή οδικών έργων είναι πολλά. Παρόλα αυτά σημαντικά είναι τα προβλήματα που εμποδίζουν την ευρεία χρήση και εφαρμογή τους. Πιο συγκεκριμένα είναι:

- Απουσία ή αδυναμία εφαρμογής ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού διαχείρισης αποβλήτων ή παραπροϊόντων.
- Ανυπαρξία ενός συστήματος ελέγχου για την παρακολούθηση της εφαρμογής του σχεδιασμού.
- Έλλειψη πληροφόρησης των ενδιαφερομένων για τις νέες μεθόδους και πρακτικές ανακύκλωσης .
- Έλλειψη καθορισμού προδιαγραφών των υλικών, με στόχο την διαρκή και απρόσκοπτη τροφοδοσία της αγοράς με κατεργασμένο και ομογενοποιημένο προϊόν με σταθερές ιδιότητες .
- Αύξηση του κόστους εφαρμογής στις περιπτώσεις που οι αποστάσεις μεταξύ του τόπου παραγωγής του υλικού και του τόπου κατασκευής είναι μεγάλες.
- Έλλειψη πρωτοβουλιών για συνέχιση της εργαστηριακής έρευνας με στόχο τη βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών των υλικών.

6.2 ΥΛΙΚΑ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Τα αδρανή απόβλητα ή αλλιώς οικοδομικά απορρίμματα ανέρχονται στην Ε.Ε. σε 300 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Περίπου το 75 % από αυτές τις ποσότητες οδηγείται σε χώρους ΧΥΤΑ, καταλαμβάνοντας σημαντικό χώρο, παρόλο που τα περισσότερα από αυτά είναι ανακυκλώσιμα υλικά και μπορούν να αποτελέσουν πρώτη ύλη για τον κατασκευαστικό κλάδο. Με βάση τα παραπάνω μπορεί να γίνει διαχωρισμός των αδρανών απορριμμάτων ανάλογα με την προέλευσή τους στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Υλικά Εκσκαφών
- Υλικά Οδοποιίας
- Υλικά Κατεδαφίσεων – Μπάζα
- Εργοταξιακά Απορρίμματα

Αναλυτικότερα δεδομένα για την υπάρχουσα κατάσταση (παραγωγή, σύσταση και μέθοδοι διαχείρισης) στην Ε.Ε. και ειδικότερα στην Ελλάδα έχουν δημοσιευτεί σε προηγούμενες ανακοινώσεις της HELECO και αλλού. Η σύσταση των απορριμμάτων αποτελεί ενδιαφέρουσα πληροφορία για ένα σύστημα διαχείρισης, όσον αφορά στις ποσότητες που μπορούν να ανακυκλωθούν. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται η σύνθεση των οικοδομικών απορριμμάτων από μελέτες στην ΕΕ και στις ΗΠΑ.

ΤΥΠΟΣ	Spencer	Bosink & Brouwers	ΑΕΡ	CH2M Hill
Άσφαλτος	46%			
Τσιμέντο	14%	13%		70%
Μέταλλα	5%	7%		6%
Ξύλο	26%		35%	13%
Σκυρόδεμα και ξύλο		17%		
Τούβλα		14%		6%
Κεραμιδιά		10%		
Αργιλικά Είδη υγιεινής		29%		
Σοβάς, επιχρίσματα		8%		
Υλικό συσκευασίας από χαρτί/ χαρτόνι		7%	8%	
Σκυρόδεμα, τοιχοδομές, κεραμικά, χαλίκια			24%	
Υλικά κατασκευής συμπερ. του γύψου			17%	2%
Γυαλί			3%	
Πλαστικά			2%	
Λοιπά	9%	2%	4%	3%

Πίνακας 6.3: Σύσταση Οικοδομικών Απορριμμάτων

6.2.1 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η ανάγκη για ανακύκλωση των αδρανών αποβλήτων υπαγορεύεται από το γεγονός ότι:

- η πλειονότητα των αποβλήτων αποτελεί χρήσιμο υλικό που μπορεί να εξοικονομήσει τις αντίστοιχες πρώτες ύλες
- η διάθεση αδρανών σε ΧΥΤΑ οικιακών απαγορεύεται πλέον.

Ο πυρήνας όλων των τεχνολογιών ανακύκλωσης των αδρανών αποβλήτων βασίζεται στις διεργασίες θραύσης - κοσκίνησης. Δεδομένου ότι το εισερχόμενο ρεύμα είναι ιδιαίτερα ετερογενές, η διεργασία συνδυάζεται συχνά με κάποιο σύστημα διαχωρισμού, απλό ή εξεζητημένο.

Οι διαθέσιμες τεχνολογίες ανακύκλωσης πρακτικά χωρίζονται σε τρία επίπεδα. Το **πρώτο επίπεδο** αναφέρεται κυρίως σε μονάδες φορητές, μικρής δυναμικότητας, οι οποίες είτε εγκαθίστανται επί τόπου του έργου για την απευθείας ανακύκλωση των υλικών είτε εγκαθίστανται σε σταθερή βάση σε ΧΥΤΑ. Το τελικό προϊόν περιέχει αρκετές προσμίξεις και είναι χαμηλών προδιαγραφών. Το επίπεδο αυτό ανταποκρίνεται κυρίως στις μεσογειακές χώρες, στις οποίες το τέλος ταφής είναι ακόμα χαμηλό.

Το **δεύτερο επίπεδο** αποτελεί μια ενδιάμεση κατάσταση και αναφέρεται σε μονάδες με ελαφρώς πιο πολύπλοκο εξοπλισμό χωρίς ιδιαίτερα μεγάλη αύξηση στο κόστος, ο οποίος επιτυγχάνει και κάποιο βασικό διαχωρισμό (π.χ. μαγνητικός διαχωρισμός, απομάκρυνση ανεπιθύμητων προσμίξεων). Η βιωσιμότητα των μονάδων σχετίζεται κυρίως με τα κόστη διάθεσης, μεταφοράς και πρώτων υλών. Τέλος, το **τρίτο επίπεδο** εφαρμόζεται σε κράτη, τα οποία έχουν απαγορεύσει τη διάθεση των αδρανών προς ταφή ή τα τέλη είναι σχεδόν απαγορευτικά, με αποτέλεσμα η ανακύκλωση να αποτελεί τη βασική οδό διαχείρισης.

Η αγορά περιλαμβάνει μονάδες επεξεργασίας μεγάλης κλίμακας με εξεζητημένα συστήματα διαχωρισμού, όπως αεροδιαχωριστές. Υπάρχουν ακόμα συστήματα διαλογής στην πηγή, στα οποία χρήσιμα υλικά απομακρύνονται και ταξινομούνται σε σωρούς πριν την κατεδάφιση. Με αυτό τον τρόπο, παράγονται υλικά υψηλής προστιθέμενης αξίας και κάποιες χώρες (Αυστρία, Γερμανία και Ολλανδία) έχουν αυξήσει τα ποσοστά ανακύκλωσης που φτάνουν μέχρι 85 – 90 %.

Τα προϊόντα που εξάγονται από την επεξεργασία των αδρανών απορριμμάτων μπορούν να αξιοποιηθούν με αντίστοιχη εξοικονόμηση πρώτων υλών σε διάφορες κατηγορίες τεχνικών έργων, όπως αυτοκινητόδρομοι, πεζοδρόμια και παρόμοια έργα. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στο ορυκτής προέλευσης κλάσμα, που είναι και το μεγαλύτερο. Από προχωρημένες διεργασίες διαχωρισμού μπορούν να προκύψουν προϊόντα για ένα εύρος εφαρμογών, ως ακολούθως:

- Δευτερογενής ασφαλτος για ανάμιξη
- Μίγμα για την παραγωγή τούβλων
- Μίγμα για την παραγωγή κλίνκερ τσιμέντου (κλίνκερ είναι έδαφος συνήθως με την προσθήκη ενός μικρού γύψου, που είναι, θειικό ασβέστιοδιυδρικό) για να γίνει τσιμέντο Portland.)
- Μίγμα για την παραγωγή σκυροδέματος (έως C20/25)
- Υλικό υποστρώματος οδών
- Υλικό στεγάνωσης ή επικάλυψης ΧΥΤΑ
- Γενικά οπουδήποτε απαιτούνται αδρανή υλικά και άμμος

Ο υπολογισμός του κόστους επεξεργασίας ανά τόνο αδρανών απορριμμάτων πρέπει να περιλαμβάνει τον προϋπολογισμό του έργου, τον αναμενόμενο χρόνο ζωής, τις αποσβέσεις, καθώς και τα λειτουργικά έξοδα (ενέργεια, συντήρηση και έξοδα προσωπικού). Σε αυτά πρέπει να προστεθούν και τα έξοδα μεταφοράς από το σημείο παραγωγής στο ΧΥΤΑ, τα οποία συχνά δεν είναι αμελητέα λόγω των αποστάσεων.

6.3 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΓΥΑΛΙΟΥ

Με τη ραγδαία ανάπτυξη της οικονομίας και τη συνεχή αύξηση της κατανάλωσης, δημιουργείται ένα μεγάλο μέρος απορριμμάτων σε παγκόσμια κλίμακα. Η αξιοποίηση των μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων γυαλιού είναι εθνικό και παγκόσμιο θέμα. Η ανακύκλωση γυαλιού μπορεί να εξοικονομήσει ενέργεια και τη μείωση των περιβαλλοντικών αποβλήτων. Έμφαση στην τεχνολογία ανακύκλωσης γυαλιού θα διευρύνει το πεδίο εφαρμογής των αποβλήτων πάνω στο γυαλί και θα προωθήσει την περαιτέρω ανάπτυξη των τεχνικών του γυαλιού.

Σχεδόν 10 εκατομμύρια τόνους αποβλήτων γυαλιού συλλέγονται κάθε χρόνο, δηλαδή περίπου 3 - 5% κατά βάρος των οικιακών αποβλήτων. Η ανακύκλωση γυαλιού στην Ευρώπη

έφθασε 77,8 % το 2002, σε 80 % το 2005, ενώ η αναλογία στην Ιαπωνία ήταν απλώς και μόνο το 20 % πριν από το 1996.

Η ποιότητα και οι επιδόσεις των προϊόντων που κατασκευάζονται από ανακυκλωμένο γυαλί δεν είναι εύκολο να ελεγχθούν. Λίγες επιχειρήσεις θα παράγουν προϊόντα από ανακύκλωση γυαλιού, που χρησιμοποιούν την εκ νέου τήξη του ανακυκλωμένου γυαλιού. Ανάμεσά τους, τα απορρίμματα γυαλιού που αποτελούν σημαντικό μέρος.

6.3.1 ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΓΥΑΛΙΟΥ

Το γυαλί είναι μη μεταλλικό και ανόργανο υλικό από επιλεγμένες πρώτες ύλες, γι' αυτό δεν μπορεί ούτε να αποτεφρωθεί, ούτε αποσυντίθεται. Η ανακύκλωση του είναι δύσκολη διαδικασία. Το γυαλί είναι ανόργανο πολυμερές, στο οποίο η βασική δομική μονάδα της πολυμερούς αλυσίδας είναι η ομάδα Si-O .

Τα υλικά από γυαλί είναι εύθραυστα και πλούσια σε πυρίτιο, ώστε τα βασικά τεχνικά ευρετήρια από γυαλί-ασφαλτικό σκυρόδεμα είναι δυνατά και παρουσιάζουν αντίσταση σε ζημιές από νερά. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις δοκιμές περιλαμβάνουν AH-70 και SBS τροποποιημένων ασφαλτικών - ασβεστόλιθων τα οποία συνθλίβονται και παράγουν ανακυκλωμένο γυαλί. Η δοκιμή Marshall χρησιμοποιήθηκε για να εξετάσει την επίδραση της βέλτιστης ασφάλτου σε περιεχόμενο, όγκο και δύναμη αλλά και στις ιδιότητες της όταν προστέθηκαν ποσοστά από θραύσματα γυαλιού.

Οι ιδιότητες μπορούν να βελτιωθούν με τη χρήση υγρών ή την απογύμνωση της ένυδρης άσβεστου. Η υψηλή θερμοκρασία της σταθερότητας και της κόπωσης των επιδόσεων σε γυαλί-άσφαλο συγκεκριμένα έχουν επίσης δοκιμαστεί και τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά. Η έρευνα έδειξε ότι η ανακύκλωση και η χρήση των αποβλήτων γυαλιού στο ασφαλτικό σκυρόδεμα είναι εφικτή. Glassphalt είναι η άσφαλτος που περιέχει σκόνη από γυαλί και είναι ευρύτατη γνωστή στη Μ. Βρετανία.

Χρησιμοποιείται ως μέσο για τη διάθεση των πλεονασμάτων των αποβλήτων γυαλιού από τη δεκαετία του 1960. Η άσφαλτος από γυαλί είναι ουσιαστικά η ίδια με συμβατικό θερμό μίγμα ασφάλτου, εκτός από το ότι το 5 % έως 40 % του βράχου ή και άμμου συνολικά αντικαθίσταται από πολτοποιημένο γυαλί και η σχέση κόστους - αποτελεσματικότητας του γυαλιού για την αποκατάσταση συμβατικών συνολικά εξαρτάται από την τοποθεσία, την ποιότητα και το κόστος των μεγεθών.

Αρχικά αναπτύχθηκε ως εναλλακτική λύση για τη διάθεση των χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων που αναμειγνύονται με χρωματιστά γυαλιά. Μικτά χρωματιστά γυαλιά, που είναι ακατάλληλα για ανακύκλωση σε νέα δοχεία, προέρχονται από τα περισσότερα προγράμματα ανακύκλωσης. Εάν δεν υπάρχουν εναλλακτικές τοπικές αγορές για τα χρωματιστά γυαλιά και η μόνη επιλογή είναι με τη διάθεση τελών υγειονομικής ταφής, χρησιμοποιώντας επεξεργασμένα γυαλιά ως υποκατάστατο του φυσικού γυαλιού συνολικά στην άσφαλο μπορεί να είναι μια επιλογή που πρέπει να εξετάζεται.

Οι αρχικές αιτήσεις των Glassphalt πραγματοποιήθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1960, όταν στις Ηνωμένες Πολιτείες και στον Καναδά κατασκευάστηκαν δρόμοι με δοκιμή Glassphalt να καταθέσουν τη σταθερότητα του νερού των πεζοδρομίων. Μέσα του 1980, στη Βαλτιμόρη (Maryland, Ηνωμένες Πολιτείες) δημιουργήθηκαν πλακόστρωτα πεζοδρόμια με πολλά Glassphalt. Τα πεζοδρόμια ήταν λαμπερά τη νύχτα λόγω του αντικατοπτρισμού. Από

το 1990 έως το 1995, το συνολικό ποσοστό της αίτησης Glassphalt φτάνει περίπου 250 χιλιάδες τόνους, στη Νέα Υόρκη. Μέχρι τώρα, στην Κίνα, έχουν υπάρξει μερικές ειδικές έρευνες για την εφαρμογή των απορριμμάτων γυαλιού στον τομέα του οδοστρώματος, για να μην αναφέρουμε τις εφαρμογές στον τομέα.

Ένας μεγάλος αριθμός έργων χρήσης ασφάλτου με γυαλί έχουν διεξαχθεί σε πόλεις όλης της Μ. Βρετανίας. Τα περισσότερα από αυτά τα έργα δεν έχουν προχωρήσει πέρα από το πιλοτικό στάδιο, λόγω των οικονομικών στις Ηνωμένες Πολιτείες, αφού δεν είναι οικονομικό στις περισσότερες περιοχές της Αμερικής η συλλογή γυαλιού, διαδικασία που σύμφωνα με κάποιες προδιαγραφές, συνδυάζει το γυαλί με φυσικά αδρανή, προσθέτει τους τροποποιητές παρτίδας που απαιτείται για να πληρούν τις προδιαγραφές, και την αντιμετώπιση των λειτουργικών αλλαγών που απαιτούνται για Glassphalt. Η καλύτερη δυνατότητα για συνεχή παραγωγή Glassphalt είναι σε κοινότητες με δημοτικές εγκαταστάσεις με άσφαλο, γιατί η κοινότητα μπορεί να κάνει μια άμεση συσχέτιση μεταξύ του επιπλέον κόστους που πραγματοποιούνται σε εγκαταστάσεις Glassphalt και στη εξοικονόμηση από τα στερεά απόβλητα. Η καλύτερη δυνατότητα για συνεχή χρήση των Glassphalt από ιδιώτες εργολάβους κατασκευαστές είναι μέσω της δημιουργίας των συνεχιζόμενων οικονομικών κινήτρων για την χρήση του γυαλιού.

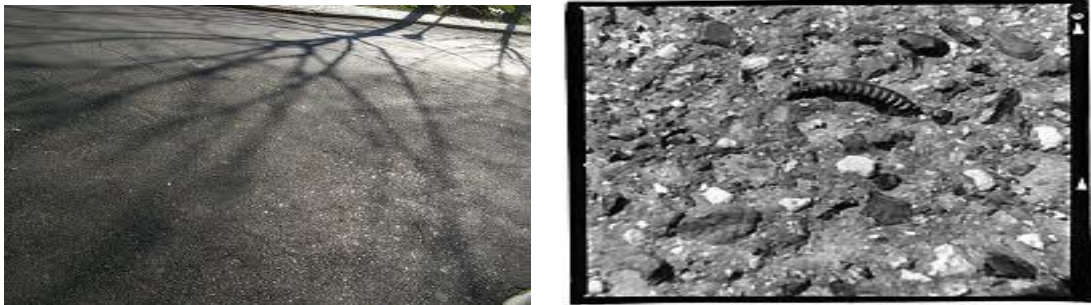
Η δημιουργία Glassphalt είναι δύσκολο να αναγνωριστεί από ένα κοινό μάτι ειδικά αν δεν υπάρχουν μεγάλα σωματίδια γυαλιού στο επιφανειακό στρώμα. Όταν εγκατασταθεί σωστά, Glassphalt δεν παρουσιάζει κίνδυνο στον άνθρωπο ή ζημιές στα λάστιχα οχημάτων. Λόγω της περιεκτικότητας του γυαλιού, η Glassphalt κρατάει περισσότερη θερμότητα από τις συμβατικές ασφάλτους. Το χαρακτηριστικό αυτό θα μπορούσε να αποδειχθεί χρήσιμο σε καταστάσεις οδικών έργων που διεξάγονται στο κρύο. Επιπλέον, οι επιφάνειες Glassphalt φαίνεται να στεγνώνουν γρηγορότερα από παραδοσιακές ασφάλτους διότι τα σωματίδια γυαλιού δεν απορροφούν νερό. Επίσης, οι επιφάνειες Glassphalt είναι περισσότερο ανακλαστικές από τη συμβατική άσφαλο και μπορεί να βελτιώσουν την οδήγηση στη νυχτερινή ορατότητα.

6.3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΓΥΑΛΙΟΥ

Γενικά, η δύναμη του σκυροδέματος που περιέχει γυαλί είναι χαμηλότερη από αυτή που περιέχει αδρανή αμμοχάλικου. Οι δυνάμεις είναι ιδιαίτερα χαμηλές όταν χρησιμοποιείται τσιμέντο υψηλά αλκαλικό. Οι δυνάμεις κάμψης παρουσιάζουν παρόμοια τάση. Τα απόβλητα γυαλιού είναι ευαίσθητα στην αντίδραση αλκαλικών – αδρανών. Σε ένα τσιμέντο υψηλά αλκαλικό εμφανίζεται μεγάλη διόγκωση, κάτι το οποίο εξηγεί τις χαμηλές δυνάμεις στο σκυρόδεμα με βάση το γυαλί. Για παράδειγμα, έναντι μιας διόγκωσης 0,0018% σε 12 μήνες για το σκυρόδεμα με βάση το αμμοχάλικο, το σκυρόδεμα με βάση το γυαλί μπορεί να παρουσιάσει μια διόγκωση περίπου 0,3%. Τα απόβλητα γυαλιού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ελαφρών αδρανών. Το ελαφρύ διογκωτικό αδρανές πυκνότητας 528 kg/m³ παράγεται δημιουργώντας ένα σωρό από σβόλους από ένα μίγμα αποβλήτων διαθλαστικού γυαλιού, άργιλο και πυριτικό άλας νατρίου, το οποίο θερμαίνεται περίπου στους 850 °C. Το σκυρόδεμα που γίνεται με αυτό το αδρανές υλικό παρουσιάζει μια αντοχή σε θλίψη περίπου 17MPa μετά 28 μέρες παραμονής στον ατμό. Υπάρχουν διάφορα προβλήματα που συνδέονται με τη χρήση των αποβλήτων γυαλιού και που πρέπει να λυθούν προτού μπορέσουν αυτά να χρησιμοποιηθούν οικονομικά.

6.3.3 ΑΔΡΑΝΕΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Τα απόβλητα γυαλιού έχουν χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή εθνικών οδών ως υποκατάστατο αδρανών υλικών στο ασφαλτικό οδόστρωμα. Πολλές χώρες έχουν ενσωματώσει πρόσφατα το γυαλί στις προδιαγραφές των οδοστρωμάτων τους, οι οποίες θα μπορούσαν να ενθαρρύνουν τη μεγαλύτερη χρήση του υλικού.



Εικόνα 6.1 : Ασφαλτος από απόβλητα γυαλιού

Λόγω των σχετικών χαμηλών ποσοστών παραγωγής γυαλιού σε αρκετές χώρες ,πρέπει να συσσωρευτούν ικανοποιητικά αποθέματα για να παρέχουν μια συνεπή παροχή του υλικού ώστε η χρήση να είναι πρακτική στις εφαρμογές κατασκευής οδοστρωμάτων.

6.3.4 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ GLASSPHALT

Οι περισσότερες εγκαταστάσεις του Glassphalt έχουν σχεδιαστεί για να πληρούν τα πρότυπα του Ινστιτούτου ασφάλτου για τη μεσαία άσφαλο κυκλοφορίας, η οποία καθορίζει ένα ανώτατο όριο ταχύτητας των 40 mph. Τα πρότυπα αυτά περιλαμβάνουν τις απαιτήσεις για τη σταθερότητα, τη ροή, το ποσοστό των κενών αέρα στο μείγμα και το βάρος της μονάδας. Οι πιο κοινές εφαρμογές είναι για την διάστρωση οδοστρωμάτων (επιφάνεια χοντρό) για οικιακούς δρόμους, επίσης σε οδικά δίκτυα, χώρους στάθμευσης, πεζοδρόμια και την καταστολή.

Όταν η Glassphalt τοποθετείται και συμπυκνώνεται, τα μεγαλύτερα σωματίδια γυαλιού ευθυγραμμίζονται παράλληλα με την επιφάνεια του δρόμου, αυτό μπορεί να προκαλέσει ολίσθηση της Glassphalt και είναι ελαφρώς χαμηλότερη από αυτή της συμβατικής ασφάλτου. Κατά συνέπεια, η Glassphalt δεν συνιστάται για οδοστρώματα στις εθνικές οδούς. Ωστόσο, η αντίσταση σε ολίσθηση της Glassphalt περιέχει λιγότερο από 10% κατά βάρος γυαλί, με σωματίδια υαλοθραυσμάτων μικρότερα από ¼ ", δεν δείχνει σημαντική διαφορά από άσφαλο που περιέχει 100% φυσικά αδρανή. Αν το συνολικό γυαλί χρησιμοποιείται ως μέρος της βάσης, τότε το μέγεθος των σωματιδίων γυαλιού και η αντίσταση ολίσθησης του υλικού δεν είναι ανησυχητική .

- Πολλά μεγάλα και επίπεδα σωματίδια γυαλιού τα οποία μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα όπως η αποκόλληση σωματιδίων γυαλιού από την επιφάνεια του οδοστρώματος, έχουν ως αποτέλεσμα την εύκολη ολίσθηση στο οδόστρωμα και την τριβή των ελαστικών.
- Η επιφάνεια των θραυσμάτων γυαλιού των σωματιδίων είναι ομαλή και υπερβαίνει το διοξειδίο του πυριτίου, το ποσοστό είναι σχετικά υψηλό με αποτέλεσμα να είναι αρκετά όξινο. Επομένως τα οδοστρώματα με γυαλί είναι λογικό να μην απορροφούν ποσότητες νερού-βροχής.

- Τογωνιώδες σχήμα και ηγωνία τριβής παρέχει ανεπαρκή εγκάρσια σταθερότητα (σε πέδηση ή εκκίνηση).
- Η χαμηλή απορρόφηση της ασφάλτου είναι λόγος όπως και η πυκνότητα να προκαλέσει προβλήματα αιμορραγίας στο οδόστρωμα.
- Η ανάκλαση του φωτός που γίνεται αποτελεί κίνδυνο στην ασφαλή νυχτερινή οδήγηση. Όταν το μέγεθος σωματιδίων γυαλιού είναι αυξημένο υπάρχει κίνδυνος να είναι εκθαμβωτικό.
- Η παρουσία πολλές φορές μικρών σωματιδίων αιχμηρών γυαλιών προκαλούν το γδάρισμα των ελαστικών των οχημάτων.

6.4 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ

Τα λάστιχα από κάθε είδους όχημα, όπως ΙΧ, φορτηγά, μοτοποδήλατα, τρίκυκλα, ελαφρά τετράτροχα καθώς και μηχανήματα έργων και γεωργικά, μετατρέπονται σε απόβλητα όταν δεν χρησιμοποιούνται άλλο. Κάθε χρόνο φτάνουν στο τέλος του κύκλου ζωής τους παγκοσμίως 1 δισεκατομμύρια ελαστικά, τα 250.000.000 στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην Ελλάδα κάθε χρόνο εισάγονται 47 - 50.000 τόνοι ελαστικών, το 57 % των οποίων είναι επιβατικά ελαστικά και το 43% είναι ελαστικά φορτηγών. Το 20 % κατά βάρος των εισαγόμενων ποσοτήτων ελαστικών έρχονται στην χώρα μας με τα εισαγόμενα αυτοκίνητα.

6.4.1 ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Τα ελαστικά κατασκευάζονται από φυσικό και συνθετικό καουτσούκ, ενώ χρησιμοποιείται επίσης επίστρωση από χάλυβα προκειμένου να αυξηθεί η αντοχή τους στο σημείο όπου ενώνονται με τις ζάντες. Περιέχουν, επίσης και άλλα συστατικά, όπως λινά, οξείδιο ψευδαργύρου, θείο και διάφορες άλλες οργανικές ουσίες.

Τα λάστιχα δεν αποσυντίθενται εύκολα και γι' αυτό όταν πετάγονται σε ρεματιές και το περιβάλλον γενικότερα, μια συνηθισμένη μέχρι σήμερα εικόνα παραμένουν για πολύ μεγάλο διάστημα και γίνονται εστίες κουνουπιών και άλλων εντόμων. Όταν καταλήγουν στο περιβάλλον και ιδιαίτερα όταν καίγονται ανεξέλεγκτα μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία αφού ελευθερώνονται στο περιβάλλον βλαβερές ουσίες, όπως οι πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, βενζόλιο και φαινόλες, ουσίες με καρκινογόνες ιδιότητες.

Πολλές ήταν οι χώρες που επέλεξαν την ταφή των ελαστικών ως λύση για τη διαχείριση των παλαιών ελαστικών. Όμως, η επιλογή αυτή σύντομα εγκαταλείφθηκε αφού τα ελαστικά καταλαμβάνουν τεράστιο όγκο στους χώρους ταφής κι αυξάνουν τον κίνδυνο ανάφλεξης των σκουπιδιών. Η στεγανότητα των χώρων ταφής δεν εξασφαλίζεται πάντα, γεγονός που σημαίνει ότι οι επικίνδυνες ουσίες που δημιουργούνται κατά την αποσύνθεση των ελαστικών μπορούν να διαπεράσουν το έδαφος και να επηρεάσουν τη γύρω περιοχή. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να ρυπάνουν τα νερά και το έδαφος και να έχουν βλαβερές συνέπειες στους ζωντανούς οργανισμούς. Η ταφή των ελαστικών εγκαταλείφθηκε, όμως, και για έναν ακόμα λόγο τα ελαστικά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και να αξιοποιηθούν.

6.4.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ

Σύμφωνα με τη νομοθεσία 29407/3508/2002 ΚΥΑ «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων» δεν επιτρέπεται να πετάγονται στο περιβάλλον ή να μεταφέρονται σε χώρους ταφής σκουπιδιών ολόκληρα ή τεμαχισμένα μεταχειρισμένα

ελαστικά οχημάτων. Εξαιρέση αποτελούν τα υλικά που προορίζονται για χρήση σε κατασκευαστικά έργα εντός του ΧΥΤΑ. Οι εισαγωγείς ελαστικών έχουν είτε ατομικά είτε σε συνεργασία με άλλους την ευθύνη εναλλακτικής διαχείρισής τους, δηλαδή να οργανώσουν τη συλλογή, μεταφορά, προσωρινή αποθήκευση, επαναχρησιμοποίηση και αξιοποίηση των μεταχειρισμένων ελαστικών οχημάτων, ώστε μετά την επαναχρησιμοποίηση ή αξιοποίησή τους να επιστρέφουν στο ρεύμα της αγοράς. Δεν επιτρέπεται να κυκλοφορούν στην αγορά ελαστικά που ο εισαγωγέας τους δεν έχει οργανώσει μόνος του ή μαζί με άλλους την συλλογή και τη διαχείρισή τους.

Σύμφωνα με το Προεδρικό Διάταγμα 109 / ΦΕΚ Α 75/ 5-3-2004 σε εφαρμογή των διατάξεων του Ν. 2939/2001 (διατάξεις των άρθρων 15, 16, 17 και 18) πρέπει κατά προτεραιότητα να επιτυγχάνεται η πρόληψη παραγωγής αποβλήτων από ελαστικά των οχημάτων, και μετά η επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και η ενεργειακή αξιοποίηση τους, ώστε να μειώνεται η ποσότητα των αποβλήτων που οδηγούνται σε χώρους ταφής και να βελτιώνεται η περιβαλλοντική επίδοση όλων όσων συμμετέχουν στο κύκλο ζωής των ελαστικών. Έως την 31^η Ιουλίου 2006, η αξιοποίηση των μεταχειρισμένων αποβλήτων ελαστικών οχημάτων πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 65 % των αποσυρόμενων ελαστικών. Εντός του ίδιου χρονικού ορίου, η ανακύκλωση πρέπει να φθάνει τουλάχιστον στο 10 %.

Για το σκοπό αυτό έχει εγκριθεί μετά από υποβολή σχετικού φακέλου και θετική εισήγηση από την Επιτροπή Παρακολούθησης Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων Προϊόντων (ΕΠΕΔ) με την Υπουργική Απόφαση του ΥΠΕΧΩΔΕ (ΦΕΚ 1145/28-07-2004) η λειτουργία ενός φορέα, στον οποίο συμμετέχουν οι εταιρίες εισαγωγής ελαστικών που ονομάζεται Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης ECOELASTIKA ΑΕ.

6.4.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ / ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ

Στην Ελλάδα λειτουργούν αυτή τη στιγμή 7 μονάδες μηχανικής ανακύκλωσης ενώ υπάρχουν σε εξέλιξη διάφορα επενδυτικά σχέδια για την κατασκευή και άλλων τέτοιων μονάδων. Το προϊόν μιας τυπικής μονάδας μηχανικής κοκκοποίησης είναι κατά 65% ελαστικό (το μέγιστο, λόγω του ότι τα ελαστικά στην Ελλάδα είναι πολύ φθαρμένα) το οποίο διατίθεται σε διάφορες εφαρμογές ελαστικών προϊόντων, περίπου 20% σύρμα που διατίθεται στην χαλυβουργία για ανακύκλωση και περίπου 15% λινό που προς το παρόν δεν αξιοποιείται στην χώρα μας και καταλήγει συνήθως σε ΧΥΤΑ. Οι εφαρμογές των προϊόντων ανακύκλωσης μεταχειρισμένων ελαστικών καλύπτουν μια μεγάλη γκάμα υλικών ανάλογα με την κοκκομετρία του τρίμματος ή της πούδρας καθώς και τον βαθμό καθαρότητας.

Ολόκληρα Ελαστικά	Τεμάχια/ Ψηφίδες/ Κόκκοι/ Τρίμμα /Πούδρες (0,5-300 mm)	Ψιλή Πούδρα (0-0,5 mm)	Επανεπεξεργασμένη Πούδρα (0-50 μm)	
Μπάλες κατασκευής	(100-300 mm) Τεμάχια - Κόκκοι	Κατασκευές ΧΥΤΑ – Αποκαταστάσεις ΧΑΔΑ (Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων)	Χρωστικές ουσίες, μελάνια, επιχρίσματα	
Τεχνητοί ύφαλοι		Αποστραγγιστικές ζώνες δρόμων και κατασκευών	Πλαστικά καλωδιώσεων	
Προσωρινοί δρόμοι		Μονώσεις	Θερμομονωτικά στρώματα	Πλαστικά μέρη αυτοκινήτου
Κατασκευές ΧΥΤΑ		Υλικό επιχώσεων για δρόμους	Αθλητικός εξοπλισμός	Φλάντζες, τσιμούχες
Ηχοπετάσματα- Ηχομονωτικά αναχώματα	(0,5-6mm) Τρίμμα α-Πούδρα	Επιστρώματα γηπέδων και αθλητικών χώρων	Εσωτερική επένδυση διπλών τοιχωμάτων πλοίων	
Επιπλέουσες αποβάθρες		Οδοποιία		

Πίνακας 6.2: Εφαρμογές ελαστικών

6.4.3.1 ΗΧΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΑΝΑΧΩΜΑΤΑ

Όλο και περισσότερες κυβερνήσεις απαιτούν την χρήση ηχομονωτικών πετασμάτων / αναχωμάτων για τη μείωση του θορύβου μεγάλων οδικών αρτηριών, ιδιαίτερα όταν αυτές διέρχονται μέσα από κατοικημένες περιοχές. Η αντιμετώπιση του θορύβου μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο με χρήση ολόκληρων ελαστικών όσο και με την χρήση τριμματος ελαστικού ως πληρωτικού υλικού σε ειδικές κατασκευές πετασμάτων.

6.4.3.2 ΕΛΑΦΡΥ ΠΛΗΡΩΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΩΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

Τεμάχια ελαστικού συνιστώνται ως ελαφρύ πληρωτικό υλικό για χρήση σε πολλές εφαρμογές μεταξύ των οποίων είναι και η κατασκευή υποστρώματος δρόμων. Ιδιαίτερα σε περιοχές όπου το υπέδαφος είναι χαλασμένο και ασταθές ενδείκνυται η συγκεκριμένη εφαρμογή. Όσο μικρότερες είναι οι διαστάσεις των τεμαχίων τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή του δρόμου στην κυκλοφορία καθώς και στο συνολικό βάρος της υπερκείμενης κατασκευής.

6.4.3.3 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Τα τεμάχια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θερμομονωτικό υλικό οδοποιίας, σε εκσκαφές σωληνώσεων / αποχετεύσεων, ως πληρωτικό υλικό, κατασκευές κτιρίων καθώς και σε εμπορικές και βιομηχανικές κατασκευές. Χρησιμοποιούνται σε αντικατάσταση παραδοσιακών μονωτικών υλικών όπως είναι το εξελασμένο πολυστυρένιο (XPS), ελαφρά υλικά όπως το Leca (διαστελόμενο αργιλώδες αδρανές υλικό), η ιπτάμενη τέφρα από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και οι σκωρίες μετάλλων, υλικά τα οποία έχουν περίπου τις ίδιες ιδιότητες με τα τεμάχια ελαστικών.

6.4.3.4 ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΣΦΑΛΤΟΣ ΜΕ ΤΡΙΜΜΑ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ

Το τρίμμα ελαστικού μπορεί να ενσωματωθεί στο ασφαλτόμιγμα με δύο διαφορετικές μεθόδους, την υγρή μέθοδο και την ξηρή μέθοδο. Με την υγρή μέθοδο το τρίμμα ελαστικού λειτουργεί ως τροποποιητής της ασφάλτου ενώ με την ξηρή μέθοδο το τρίμμα ελαστικού

χρησιμοποιείται σε αντικατάσταση αδρανούς υλικού. Το ελαστικό ως τροποποιητής του ασφαλτομίγματος αποτελεί έναν οικονομικό τρόπο βελτίωσης των ιδιοτήτων της ασφάλτου. Συγκεκριμένα έχουν καταγραφεί λιγότερες αυλακώσεις σε τροποποιημένη άσφαλτο κατά την διάρκεια των θερινών μηνών ως συνέπεια των υψηλών θερμοκρασιών, καθώς επίσης και λιγότερες ρηγματώσεις τους χειμερινούς μήνες ως συνέπεια των χαμηλών θερμοκρασιών. Σημαντική βελτίωση των ιδιοτήτων της τροποποιημένης ασφάλτου παρατηρείται και στην περίπτωση του κυκλοφοριακού φορτίου με μείωση των ρηγματώσεων του ασφαλτοτάπητα κατά 164% ύστερα από 2.000 περάσματα οχημάτων.

6.4.4 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ

Τα ελαστικά οχημάτων μετά τη χρήση τους:

- είτε οδηγούνται σε τσιμεντοβιομηχανία για να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικό καύσιμο σε ειδικά διαμορφωμένες εγκαταστάσεις, εφόσον ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της νομοθεσίας περί εκπομπών αερίων αποβλήτων που προέρχονται από καύση
- είτε παραδίδονται σε αδειοδοτημένες και εγκεκριμένες εγκαταστάσεις για κοπή, τεμαχισμό, κοκκοποίηση με στόχο την χρήση του ελαστικού τρίμματος ως πρόσθετο σε ασφαλτοτάπητες για δρόμους, αεροδρόμια ή άλλες εγκαταστάσεις.
- είτε επαναχρησιμοποιούνται.

Έτσι σήμερα συλλέγεται ένα σημαντικό ποσοστό των μεταχειρισμένων ελαστικών αλλά χρειάζονται κίνητρα, ρυθμίσεις και κανονισμοί ώστε να χρησιμοποιούνται τα τρίμματα ή η πούδρα από τα μεταχειρισμένα ελαστικά σε έργα ή σε νέα προϊόντα, όπως για παράδειγμα για μείγματα ασφαλτόστρωσης, ηχοπετάσματα σε αυτοκινητοδρόμους ή αεροδρόμια για τον περιορισμό της όχλησης από το θόρυβο των αυτοκινήτων ή αεροπλάνων.



Εικόνα 6.2 : Συγκομιδή και τριμματισμός παλιών ελαστικών

Τον Μάρτιο του 2006 η HELESI εγκαινίασε την κατασκευή και λειτουργία μίας πρότυπης μονάδας ανακύκλωσης μεταχειρισμένων ελαστικών στη ΒΙΠΕ Κομοτηνής. Στόχος της μονάδας είναι η αξιοποίηση των μεταχειρισμένων ελαστικών με την κατασκευή χημικών τελικών προϊόντων, που θα εξυπηρετούν τόσο ανάγκες της εταιρείας όσο και ανάγκες της αγοράς. Η παραγωγική εγκατάσταση στην ΒΙΠΕ Κομοτηνής, περιλαμβάνει στο Α' στάδιο γραμμή ανακύκλωσης ελαστικών, πλήρως αυτοματοποιημένη. Η παραγωγική δυναμικότητα της μονάδας ανέρχεται σε 2,5 τόνους ελαστικού την ώρα και σε ετήσια βάση θα προκύπτει ανακτημένη Α' ύλη κόκκου ελαστικού, ρυθμιζόμενη όσον αφορά τα ποσοστά και το μέγεθος ανάλογα με την απαίτηση των τελικών προϊόντων. Κατά την κατεργασία πραγματοποιείται η μηχανική κοκκοποίηση των ελαστικών και αφαιρούνται οι μεταλλικές και συνθετικές ίνες που περιέχουν καθώς και οτιδήποτε άλλο ξένο σώμα ώστε να προκύπτει ελαστικό καθαρότητας 99,8 %. Έτσι το τελικό προϊόν της γραμμής είναι κόκκοι ελαστικού

μεγέθους 0 - 4 mm, μεγάλης καθαρότητας, απαλλαγμένων από ίνες και μέταλλα. Σαν παραπροϊόντα από τη διαδικασία αυτή προκύπτουν scrap χάλυβα και συνθετικές ίνες που απορρίπτονται ή διατίθενται δωρεάν σαν καύσιμο σε τσιμεντοβιομηχανίες.

Με τη λειτουργία της μονάδας αυτής, η HELESI συνεισφέρει ενεργά στην ανακύκλωση των μεταχειρισμένων ελαστικών και την αξιοποίηση τους για την παραγωγή νέων προϊόντων. Η ποσότητα των κόκκων ελαστικού θα πωλείται για διάφορες χρήσεις (υπόβαθρο σε γήπεδα, πρόσθετο σε άσφαλτο, ελαστικοί τάπητες, ελαστικά αντικείμενα κλπ). Συνεπώς, η στρατηγική της εταιρείας είναι η ενίσχυση ενός συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης προσαρμοσμένο στις σύγχρονες απαιτήσεις της Βιομηχανίας. Στις εγκαταστάσεις της μονάδας, όλα τα μηχανήματα είναι καινούρια τελευταίας τεχνολογίας, από γνωστούς οίκους του εξωτερικού που εξειδικεύονται στον χώρο τους, ενώ η όλη διαδικασία παραγωγής είναι αυτοματοποιημένη. Η μονάδα θα λειτουργήσει σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 9001 και ISO 14001, με τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Τα τελικά προϊόντα της Μονάδας Ανακύκλωσης είναι κόκκοι ελαστικού μεταβλητής κοκκομετρίας από 0 – 4 mm. Πρόκειται για ελαστικό μεγάλης καθαρότητας (99,8 %) απαλλαγμένων από ίνες και μέταλλα.

Οι κόκκοι ελαστικού πωλούνται για διάφορες χρήσεις:

- υπόβαθρο σε γήπεδα
- πρόσθετο σε άσφαλτο
- υπόστρωμα σε ΧΥΤΑ
- ελαστικοί τάπητες
- ελαστικά αντικείμενα κλπ

Ένας από τους πολλούς λόφους τεμαχισμένων ελαστικών που συλλέγονται καθημερινά μπροστά από τις εγκαταστάσεις της ΕΛΒΑΝ. Το παραπάνω έργο εντάσσεται στην δράση «ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΕΤΟΥΣ 2003» και χρηματοδοτήθηκε κατά 50 % του συνολικού προϋπολογισμού από το Δημόσιο. Στην ανωτέρω Δημόσια χρηματοδότηση συμμετέχει κατά 65 % το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης.

6.4.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΕ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

6.4.5.1 RICHMOND, MAINE (Η.Π.Α)

Ένα πρόγραμμα του 1992 στο Richmond, Maine (Η.Π.Α), αξιολόγησε την αποτελεσματικότητα της χρησιμοποίησης των ελαστικών ως στρώμα μόνωσης προκειμένου να περιοριστεί η διείσδυση παγετού κάτω από ένα οδόστρωμα με βάση από αμμοχάλικο.

Κομματιασμένη συμπαγής φυσική άργιλος αναμίχθηκε με λάστιχο αυτοκινήτου το οποίο κόπηκε σε μικρά γωνιακά σωματίδια διαστάσεων 1-4 mm και 4-8 mm σε αναλογία βάρους 6 και 15%. Το υλικό αυτό εφαρμόστηκε ως συστατικό επικάλυψης οδοστρώματος και εξετάστηκε ως προς τα εξής :

- τη συμπίκνωση
- την αντοχή σε συμπίεση
- της συμπεριφορά πίεσης- τάσης

- τη διαπερατότητα σε σχέση με το νερό και την παραφίνη
- τη διηθητικότητα και τη συμπεριφορά που εμφανίζει στην ανεξάρτητη διόγκωση και στη διόγκωση που δημιουργείται μετά από πίεση.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συμπύκνωση, δηλαδή, η μειωμένη ξηρή πυκνότητα που παρουσιάστηκε, οφειλόταν μόνο στο βάρος των ελαστικών του φορτηγού και ότι η αντοχή σε συμπίεση που εμφανίστηκε στο υλικό ήταν τόση, όσο το βάρος μόνο της αργίλου, μειωμένο κατά 40%. Όταν στο μείγμα αργίλου – ελαστικού ασκήθηκε πίεση τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν μόνο στον άργιλο ήταν διπλά απογοητευτικά σ' ότι αφορά την τραχύτητα του. Η διαπερατότητα του μείγματος σε παραφίνη αποδείχτηκε ότι ήταν μειωμένη 50 φορές περισσότερο σε σύγκριση με αυτή που αποδείχτηκε για το νερό. Τα αποτελέσματα της διηθητικότητας έδειξαν διαφορετικά επίπεδα σ' ότι αφορά το χαλκό και το νικέλιο με βάση τα τεστ (διήθησης), τα οποία με τη σειρά τους θα χρειαστούν για την εκτίμηση των σχέσεων των κατάλληλων προτύπων. Αξιοσημείωτο της παραφίνης ήταν ότι αποτελούσε την αιτία διόγκωσης του μείγματος αργίλου-ελαστικού, καθώς επίσης την αιτία αύξησης της διόγκωσης, που προερχόταν από την πίεση σε περισσότερο από 600 kpa.

6.4.5.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ROADTIRE – ΑΣΦΑΛΤΟΣΤΡΩΣΗ ΣΤΗ ΛΑΜΙΑ

Στην Ελλάδα σημαντικό βήμα για την χρήση των ελαστικών στην οδοποιία αποτελεί το πρόγραμμα ROADTIRE. Στα πλαίσια του θα διερευνηθεί η δυνατότητα χρήσης φθαρμένων ελαστικών στην κατασκευή και συντήρηση οδικών αρτηριών, καθώς η χρήση τους αυτή αναμένεται να προσφέρει μια βιώσιμη λύση για την προετοιμασία των ασφαλτομιγμάτων υψηλής ανθεκτικότητας και αντοχής. Η δυνατότητα χρήσης μεγάλων ποσοτήτων τριμμάτων από φθαρμένα ελαστικά στην παραγωγή τροποποιημένων ασφαλτομιγμάτων θα αποτελέσει ιδανική εφαρμογή για την ανακύκλωση των ελαστικών στο τέλος του κύκλου ζωής τους.

Το έργο αποσκοπεί να συμβάλει στην ευρεία χρήση τρίμματος φθαρμένων ελαστικών στην παραγωγή ασφαλτομιγμάτων. Ως αποτέλεσμα, θα προκύψει σημαντική μείωση των ποσοτήτων φθαρμένων ελαστικών που αποθηκεύονται προσωρινά ή αποτίθενται ανεξέλεγκτα και με σημαντικό περιβαλλοντικό κόστος αλλά και θέματα ασφάλειας.

Οδικές αρτηρίες στην Ελλάδα, διαστρωμένες με ένα νέο μίγμα ασφάλτου, που θα αποτελείται από φθαρμένα και παλιά ελαστικά οχημάτων, είναι ο στόχος του ερευνητικού προγράμματος ROADTIRE, από το οποίο προκύπτουν πολλαπλά οφέλη τόσο για τους οδηγούς, όσο και για το περιβάλλον. Όπως προκύπτει από έρευνες, το νέο ασφαλτόμιγμα είναι υψηλής ανθεκτικότητας και αντοχής και η χρήση του μειώνει την ολισθηρότητα των δρόμων και την ηχορύπανση, ενώ ταυτόχρονα, δίνει λύση στο μεγαλύτερο πρόβλημα περιβαλλοντικής διαχείρισης των παλιών ελαστικών, μέσα από την ανακύκλωση και διάθεσή τους για άλλες χρήσεις. Το νέο προϊόν ασφαλτόστρωσης θα δοκιμαστεί πιλοτικά σε δύο οδικές αρτηρίες μία αστική και μία περιαστική της Λαμίας.

6.5 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΚΩΡΙΕΣ

Οι σκωριές αποτελούν παραπροϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας των χαλυβουργιών. Χρησιμοποιούνται ως κονίες ή ως αδρανή υλικά και η εφαρμογή τους διεθνώς ποικίλλει σε οδικές και λοιπές κατασκευές. Οι σκωριές χαλυβουργίας έχουν γνωρίσει διεθνώς μία ευρύτατη εφαρμογή στην οδοποιία τα τελευταία χρόνια. Μεταξύ διαφόρων πεδίων εφαρμογής, η χρήση των αδρανών σκωρίας σε παρασκευή άσφαλτο μιγμάτων αντιολισθηρών ταπήτων κατέχει πρωταρχική θέση.

Οι σκωρίες, αναλόγως της παραγωγικής διαδικασίας και του τελικού προϊόντος διακρίνονται κυρίως σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

- **Σκωρίες Υψικαμίνων ή Σκωρίες Σιδηρουργίας**, που παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις οξειδίων του πυριτίου και του αργιλίου.
- **Σκωρίες Χαλυβουργίας** που παρουσιάζουν σημαντικά ποσοστά οξειδίων του σιδήρου.

Άλλες σκωρίες έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σε κατασκευές και διατίθενται σε διάφορες μορφές. Η διαφορά στην μορφή (κόκκοι, σβόλοι, σκόνη, αδρανή) και τις ιδιότητες προκύπτει από την ποικιλία που υπάρχει :

- στη διαδικασία παραγωγής
- στη διαδικασία ψύξεως
- στο υλικό τροφοδοσίας της παραγωγικής μονάδος

Η συστηματική έρευνα των τελευταίων χρόνων, οδήγησε η χρήση των σκωριών να γνωρίσει μια σημαντική άνθηση λόγω της αναγνώρισης και πιστοποίησης της καταλληλότητας ως αδρανούς υλικού για σκυροδέματα. Η χρήση καλύπτει ευρεία κλίμακα έργων, θεωρείται ένα πολύτιμο υλικό γενικά στις κατασκευές και ειδικότερα στην Οδοποιία.

Σκωρίες χρησιμοποιούνται ως κόνιες ή ως αδρανή υλικά σε διάφορες χώρες της Ευρώπης. Ειδικότερα σε χώρες με γενικευμένη έλλειψη αδρανών, όπως το Βέλγιο, η Ολλανδία, αλλά και σε περιοχές της Γερμανίας, της Γαλλίας, της Δανίας, η χρήση αδρανών σκωρίας αποτελεί μια ικανοποιητική λύση για πολλές εφαρμογές. Ακόμη, σε χώρες όπου τα φυσικά σκληρά αδρανή είναι σπάνια (ΗΠΑ), οι σκωρίες χρησιμοποιούνται σε αντιολισθηρούς τάπητες. Εντυπωσιακό είναι το παράδειγμα της Μ. Βρετανίας, μιας χώρας με αφθονία σκληρών αδρανών, όπου, παρόλα αυτά η χρήση των αδρανών σκωρίας σε αντιολισθηρούς τάπητες αποτελεί μια κοινή πρακτική.

6.5.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΚΩΡΙΩΝ ΣΕ ΟΔΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Στην Ελλάδα οι πρώτες εμπειρίες κατασκευής αντιολισθηρών ταπήτων με σκωρίες πραγματοποιήθηκαν κατά τη δεκαετία του '80 στην Εθνική Οδό Αθηνών - Θεσσαλονίκης. Οι μετρήσεις αυτές, όπως αξιολογήθηκαν μετά από μετρήσεις δεικτών αντιολισθηρότητας, ήταν θετικές. Τα τελευταία χρόνια οι σκωρίες γνωρίζουν μια αυξανόμενη χρήση ως αδρανή ασφαλτομιγμάτων που προορίζονται για αντιολισθηρούς τάπητες. Αυτό οφείλεται στα πολύ καλά μηχανικά χαρακτηριστικά των αδρανών σκωρίας που προσδίδουν στους τάπητες ανθεκτικότητα και αυξημένη αντιολισθητική ικανότητα.

Το Εργαστήριο Οδοποιίας του ΑΠΘ έχει συστηματικά ασχοληθεί με την προοπτική χρήσης αδρανών σκωρίας στην οδοποιία και έχει πραγματοποιήσει, την τελευταία δεκαετία, μελέτες σύνθεσης ασφαλτομιγμάτων για αντιολισθηρούς τάπητες και αντίστοιχους εργαστηριακούς ελέγχους για τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των σκωριών.

6.5.2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Πριν από οποιαδήποτε χρήση των σκωριών, ειδικά των ηλεκτροκλιβάνων, είναι απαραίτητο να γίνει θραύση και κοσκίνισμα του υλικού εξαιτίας της ακανόνιστης μορφής

κατά την παραγωγή τους (οι διαστάσεις κυμαίνονται μεταξύ 5-100 mm), ώστε η κοκκομετρική τους καμπύλη να ανταποκρίνεται στα όρια τα οποία επιβάλλουν οι ελληνικές προδιαγραφές. Τα αποτελέσματα εργαστηριακών ελέγχων για τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες ελληνικών, διαφορετικής προέλευσης σκωριών, συγκρινόμενα με τις μηχανικές ιδιότητες άλλων σκληρών αδρανών.

Παρόλα αυτά, εκείνο που εύκολα μπορεί να παρατηρηθεί είναι η μεγάλη διακύμανση τιμών ιδιαίτερα σε ορισμένα χαρακτηριστικά. Είναι χαρακτηριστικό ότι το φαινόμενο ειδικό βάρος των σκωριών είναι συνήθως μεγαλύτερο του συνήθους ειδικού βάρους των φυσικών αδρανών οδοστρώσις. Το ειδικό βάρος των σκωριών ηλεκροκλιβάνων είναι μικρότερο του αντίστοιχου των σκωριών φίλτρου, των δε σκωριών φίλτρου είναι μικρότερο των σκωριών ελάστρων. Αυτό οφείλεται στην διαφορετική περιεκτικότητα οξειδίων σιδήρου και άλλων μετάλλων. Τα αποτελέσματα των εργαστηριακών ερευνών αποδεικνύουν την σκληρότητα των σκωριών και την καταλληλότητα αυτών, από μηχανικής άποψης, για τη χρήση τους ως αδρανών υλικών στην κατασκευή αντιολισθηρών ταπήτων.

6.5.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΕ ΑΣΦΑΛΤΟΤΑΠΗΤΕΣ ΜΕ ΣΚΩΡΙΕΣ

Ασφαλτοτάπητες με σκωρίες έχουν κατασκευασθεί σε εθνικό δίκτυο αλλά και σε οδοστρώματα αυτοκινητοδρόμων κατά την τελευταία εικοσαετία. Το Εργαστήριο Οδοποιίας του ΑΠΘ διεξήγαγε επί τόπου μετρήσεις επιφανειακών χαρακτηριστικών οδοστρωμάτων σε ασφαλτοτάπητες με αδρανή σκωρίας. Οι μετρήσεις αφορούσαν την ολισθηρότητα και εκτελέστηκαν από το προσωπικό του Εργαστηρίου κατά τα έτη 2002-2004. Παλαιότερες μετρήσεις του ΚΕΔΕ υπάρχουν επίσης για τάπητες που κατασκευάστηκαν στα τέλη της δεκαετίας του '80.

Συνοπτικά, φαίνεται ότι οι τάπητες κυκλοφορίας με σκωρίες παρουσιάζουν πολύ καλά χαρακτηριστικά επιφανειακής υφής και αντιολισθηρότητας και αποτελούν μια εξαιρετική επιλογή για οδοστρώματα αυτοκινητοδρόμων. Οι συνδυασμοί της ελληνικής και της διεθνούς εμπειρίας αποδεικνύει, ωστόσο, ότι η χρήση των αδρανών σκωρίας σε ασφαλτοτάπητες κυκλοφορίας πρέπει να γίνεται με προσοχή.

6.5.3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΚΩΡΙΩΝ

Πλεονεκτήματα

- Ικανοποιητικά μηχανικά χαρακτηριστικά τραχύτητας και σκληρότητας
- Ικανοποιητικά χαρακτηριστικά σχήματος, γωνιώδεις κόκκοι
- Υψηλοί δείκτες αντίστασης σε ολίσθηση για ασφαλτοτάπητες κυκλοφορίας
- Χαμηλό κόστος και ευεργετική επίπτωση στο περιβάλλον

Μειονεκτήματα

- Μεγάλο ειδικό βάρος, σημαντικό κόστος μεταφοράς
- Αλκαλική αντίδραση, πιθανώς επιβλαβής για αλουμίνιο και γαλβανισμένα μέταλλα
- Κίνδυνος αποσύνθεσης σε ασφαλτοτάπητες και χρήση αντιυδροφίλων
- Κίνδυνος διόγκωσης σε περίπτωση αυξημένων αναλογιών σε CaO, MgO

6.5.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΕ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΡΟΥΣ ΤΑΠΗΤΕΣ ΜΕ ΣΚΩΡΙΕΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΑ ΑΔΡΑΝΗ

Η κατασκευή αντιολισθηρών ταπήτων σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας συνοδεύεται πάντοτε από χρήση σκληρών αδρανών που παρουσιάζουν αυξημένη αντίσταση στη λείανση. Στην Ελλάδα, η χρήση σκληρών αδρανών έχει καθιερωθεί σε οδοστρώματα αυτοκινητόδρομων, σε περιφερειακές οδούς ταχείας κυκλοφορίας (Αττική Οδός) καθώς και σε δάπεδα προσγείωσης αεροσκαφών σε αεροδρόμια. Η χρήση σκληρών αδρανών φυσικής προέλευσης, ωστόσο, παρουσιάζει ιδιαίτερα και συγκεκριμένα προβλήματα:

- Τα λατομεία σκληρών αδρανών (γάββρου, ανδεσίτη, βασάλτη, γρανοδιορίτη) είναι περιορισμένα ανά την επικράτεια. Αντίστοιχα η παραγωγή μπορεί να μην έχει σταθερό ρυθμό, όπως και η ποιότητα του πετρώματος και των αδρανών μπορεί να εμφανίσει διαφορές.
- Το κόστος των σκληρών αδρανών είναι σημαντικό και, πολλές φορές, στο κόστος αυτό θα πρέπει να προστεθεί και το κόστος μεταφοράς.
- Περιβαλλοντικές δεσμεύσεις είναι δυνατό να προβάλουν εμπόδια στην εκμετάλλευση ορισμένων περιοχών με σκληρά πετρώματα.

Τα εξαιρετικά μηχανικά χαρακτηριστικά των αδρανών σκωρίας και η σταθερή ποιότητα, έχουν στρέψει Υπηρεσίες και Κατασκευαστές προς την εναλλακτική λύση των σκωριών. Στην Ελλάδα, τάπητες με σκωρίες έχουν κατασκευασθεί τα τελευταία 15 χρόνια σε πρωτεύον οδικό δίκτυο. Αντίστοιχες μετρήσεις έχουν πραγματοποιηθεί σε χαρακτηριστικά ολισθηρότητας των ταπήτων αυτών.

6.6 ΙΠΤΑΜΕΝΗ ΤΕΦΡΑ

Η τέφρα ορίζεται ως το λεπτό διαμερισμένο υπόλοιπο προερχόμενο από την καύση. Σημαντικές ποσότητες τέφρας παράγονται από τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας, οι οποίοι χρησιμοποιούν στερεά καύσιμα, όπως ο λιγνίτης και ο ανθρακίτης. Η τέφρα αυτή χωρίζεται γενικά σε δύο κατηγορίες:

- Στην **Τέφρα Βάσης ή Υγρή Τέφρα**, που αποτελείται από συσσωματώματα άκαυστου καυσίμου και ανόργανα υπολείμματα της καύσης που καταπίπτουν στην τεφρολεκάνη κάτω από την εστία.
- Στην **Ιπτάμενη Τέφρα**, που αποτελείται από τα υπολείμματα της καύσης που συμπαρασύρονται από τα καυσαέρια. Η Ιπτάμενη Τέφρα κατακρατείται σε πολύ μεγάλο ποσοστό, έως και πάνω από 99%, από τις συσκευές κατακράτησης σωματιδίων.

Τα στερεά σωματίδια που διαφεύγουν από τα φίλτρα και εκπέμπονται από τις καπνοδόχους στο περιβάλλον αποτελούν την τέφρα καπναερίων, η οποία αποτελεί ένα μικρό κλάσμα της παραγόμενης Ιπτάμενης Τέφρας. Η Ιπτάμενη Τέφρα και η Τέφρα Βάσης συλλέγονται κατά την παραγωγή και οδηγούνται με μεταφορικές ταινίες στα εξαντλημένα ορυχεία, όπου χρησιμοποιούνται ως υλικό πλήρωσης, ή απορρίπτονται στις καθορισμένες περιοχές των αποθέσεων. Συχνά με τη βοήθεια των ανέμων συμπαρασύρονται σωματίδια τέφρας από το χώρο των αποθέσεων και διαχέονται στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Συνεπώς, τα αιωρούμενα σωματίδια της ιπτάμενης τέφρας προέρχονται από δύο πηγές:

- την τέφρα καπναερίων, που αποτελεί την κύρια πηγή
- τις αποθέσεις, τα εξαντλημένα ορυχεία και τις ανοιχτές μεταφορικές ταινίες, που συμμετέχουν στη διασπορά αιωρούμενων σωματιδίων με πολύ μικρότερο ποσοστό.

Η λεπτομερής γνώση της σύστασης της τέφρας είναι ιδιαίτερα σημαντική από άποψης βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας. Η μελέτη της σύστασης και των χαρακτηριστικών της Ιπτάμενης Τέφρας συμβάλει στα ακόλουθα αντικείμενα:

- Καθορισμό του περιεχομένου, της τάσης συγκέντρωσης ή εξάντλησης, της διαταραχής και της μετανάστευσης των στοιχείων που περιέχονται στην Ιπτάμενη Τέφρα
- Καθορισμός της επίδρασης των στοιχείων, των ορυκτών και των φάσεων που περιέχονται στο καύσιμο στην Ιπτάμενη Τέφρα
- Καθορισμό της συμπεριφοράς των οργανικών και ανόργανων συστατικών κατά την διάρκεια της καύσης
- Ερμηνεία του μηχανισμού σχηματισμού Ιπτάμενης Τέφρας
- Χαρακτηρισμό των ιδιοτήτων της ιπτάμενης τέφρας και των οικονομικά αξιοποιήσιμων ή περιβαλλοντικά επικίνδυνων συστατικών που περιέχει
- Αναγνώριση, καθορισμό και κατηγοριοποίηση των διάφορων τύπων ιπτάμενης τέφρας
- Πρόβλεψη, μείωση ή εξάλειψη των διάφορων τεχνολογικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από την ιπτάμενη τέφρα

6.6.1 ΟΙ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΙΠΤΑΜΕΝΕΣ ΤΕΦΡΕΣ

Αποτελούν παραπροϊόν των Ατμοηλεκτρικών Σταθμών με κύριο καύσιμο τον λιγνίτη και συλλέγονται στα ηλεκτροστατικά τους φίλτρα. Η ΔΕΗ διαθέτει τέτοιους σταθμούς, που βρίσκονται στην περιοχή λεκανοπεδίου Πτολεμαΐδας και στην περιοχή Μεγαλόπολης με καύσιμο ύλη τα λιγνιτικά κοιτάσματα της κάθε περιοχής αντίστοιχα. Οι Ιπτάμενες Τέφρες είναι άσβεστο-αργιλλοπυριτικής σύστασης κόνιες με ποζολανικές ή και υδραυλικές ιδιότητες. Η ετήσια παραγωγή των Ελληνικών Ιπτάμενων Τεφρών κυμαίνεται περί τους 11×10^6 τόνους.



Εικόνα 6.3: Μεγάλες ποσότητες Ιπτάμενης Τέφρας στα εργοστάσια της ΔΕΗ σε Κοζάνη, Μεγαλόπολη και Πτολεμαΐδα

Κύρια χαρακτηριστικά των τεφρών είναι:

- Η ανομοιογένεια ή οι διακυμάνσεις στη σύσταση, που οφείλονται στην ποιότητα του λιγνίτη τροφοδοσίας και στις συνθήκες και διαδικασίες καύσης του
- Η σχετική υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο.
- Η κατά περιόδους υψηλή περιεκτικότητα σε θειικά, πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια των υπαρχόντων κανονισμών, για υλικά που προστίθενται στο τσιμέντο /σκυρόδεμα
- Η λεπτότητα. Το συγκρατούμενο ποσοστό στο κόσκινο των 45 μm κυμαίνεται από 45 έως 60%.

Οι ελληνικές ιπτάμενες τέφρες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Στις πλούσιες σε άσβεστο, όπως είναι οι τέφρες Πτολεμαΐδας, Καρδιάς και Αλιβερίου, που έχουν ως επί το πλείστον υδραυλικές ιδιότητες
- Στις πλούσιες σε αργιλοπυριτικά συστατικά που έχουν ως επί το πλείστον ποζολανικές ιδιότητες

Οι κυριότερες εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιείται είναι:

- Στην παραγωγή τσιμέντου, στα τσιμεντοπροϊόντα και στο σκυρόδεμα
- Στην κατασκευή κεραμικών δομικών στοιχείων
- Στην οδοποιία είτε ως υλικό βάσης ή υπόβασης, είτε ως πρόσθετο υλικό στον ασφαλτοτάπητα
- Στην μεταλλουργία για ανάκτηση μετάλλων
- Στην εξυγίανση βιομηχανικών αποβλήτων
- Στην αποκατάσταση εδαφών
- Στην παραγωγή συνθετικών λίθων

Στα άοπλα σκυροδέματα, με βάση την εμπειρία και ανάλογα με τις απαιτήσεις που προδιαγράφονται στο έργο ως προς τα μηχανικά χαρακτηριστικά και την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος, η Ιπτάμενη Τέφρα μπορεί να αντικαταστήσει το τσιμέντο σε μεγαλύτερα ποσοστά από το ποσοστό του 40%, που θεωρείται οριακό για την χρήση της στα οπλισμένα σκυροδέματα

6.6.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΙΠΤΑΜΕΝΗΣ ΤΕΦΡΑΣ

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 450 για τα κατασκευαστικά υλικά, η ιπτάμενη τέφρα ορίζεται ως το λεπτόκοκκο υλικό αποτελούμενο από κυρίως σφαιρικά, υαλώδη σωματίδια, προερχόμενα από την καύση κονιορτοποιημένου άνθρακα. Λαμβάνεται από τα ηλεκτροστατικά ή μηχανικά φίλτρα, τα οποία την δεσμεύουν από τα αέρια των λεβήτων καύσης κονιορτοποιημένου άνθρακα. Μπορεί να είναι πυριτικής ή ασβεστολιθικής προέλευσης.

Το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN197-1 διαχωρίζει τις τέφρες σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Στις πυριτικές τέφρες (V), οι οποίες περιέχουν λιγότερο από 10% CaO
- Στις ασβεστολιθικές τέφρες (W), η οποίες περιέχουν 10-35% CaO

Σύμφωνα με το αμερικάνικο πρότυπο ASTM C 618, οι τέφρες διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Στις **τέφρες τύπου N**, οι οποίες περιλαμβάνουν ακατέργαστες ποζολάνες με τουλάχιστον 70% SiO₂, Al₂O₃ και Fe₂O₃.
- Στις **τέφρες τύπου F**, που παράγονται από την καύση ανθρακίτη ή βιταμινούχου κάρβουνου με τουλάχιστον 70% SiO₂, Al₂O₃ και Fe₂O₃
- Στις **τέφρες τύπου C**, που είναι εκείνες που παράγονται από την καύση λιγνίτη και υπό-βιταμινούχου κάρβουνου και περιέχουν τουλάχιστον 50% αλλά λιγότερο από 70% SiO₂, Al₂O₃ και Fe₂O₃.

Οι τέφρες τύπου F περιέχουν συνήθως λιγότερο από 5% CaO, ενώ οι τέφρες τύπου C περιέχουν μεγάλη ποσότητα CaO (10-35%). Οι ελληνικές ιπτάμενες τέφρες ανήκουν στην κατηγορία των ασβεστολιθικών τεφρών (W) σύμφωνα με το EN197-1 και στην κατηγορία C σύμφωνα με το ASTM C 618, λόγω των υψηλών ποσοστών CaO που περιέχουν.

6.6.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΟΔΟΠΟΙΑ

Η ιπτάμενη τέφρα έχει εκτεταμένη εφαρμογή στην κατασκευή οδοστρωμάτων στις χώρες του εξωτερικού και ιδιαίτερα στη Γαλλία και στην Ινδία όπου υπάρχουν προδιαγεγραμμένοι τύποι οδοστρωμάτων που περιλαμβάνουν στρώσεις από σταθεροποιημένα με ιπτάμενη τέφρα υλικά και καλύπτουν διάφορες περιπτώσεις κυκλοφορίας και φέρουσας ικανότητας εδάφους.

Η σταθεροποίηση των υλικών οδοποιίας με ιπτάμενη τέφρα εξαρτάται από τη χημική σύσταση και τη λεπτότητα της ιπτάμενης τέφρας και έχει στόχους όπως να προσδώσει αντοχή (θλιπτική, εφελκυστική) σε υλικά που στη φυσική τους κατάσταση δεν είχαν τη δυνατότητα να παραλάβουν μεγάλα φορτία, αυξάνοντας έτσι τη φέρουσα ικανότητα της στρώσης και να χρησιμοποιήσει περιθωριακά και αρχικά ακατάλληλα υλικά που δεν θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια σε στρώσεις οδοποιίας, όπως ισόκοκκοι άμμοι, ιλυώδεις άμμοι κλπ.

Στα οδοστρώματα έχουμε τις παρακάτω συστάσεις:

- Την επιφανειακή στρώση, που κύριο σκοπό έχει την εξασφάλιση ομαλότητας για την κύλιση των τροχών και την ανάπτυξη επαρκών δυνάμεων με το λάστιχο. Συνήθως είναι ένα μίγμα ασφάλτου πάχους 3 έως και 5 cm.
- Τη στρώση βάσης, που έχει ως κύριο σκοπό την ανάληψη συγκεντρώσεων φορτίων των τροχών και την κατανομή τους σε μεγαλύτερες επιφάνειες στις υποκείμενες στρώσεις, και για αυτό και ονομάζεται φέρουσα στρώση. Το πάχος της μπορεί να κυμαίνεται από 10 ως και 30 cm και εξαρτάται από την ένταση της κυκλοφορίας (πυκνότητα και μέγεθος φορτίων) και τον τύπο κατασκευής, σε συνδυασμό με το είδος του στρώματος υποβάσεως.
- Τη στρώση υπόβασης που είναι αναγκαία για τη διανομή των φορτίων σε μεγαλύτερη επιφάνεια του υποκείμενου φυσικού εδάφους. Σε περίπτωση ισχυρού υπεδάφους μπορεί να παραλείπεται (πάχος 0) ενώ σε πολύ ασθενή υπεδάφη μπορεί να έχει πάχος έως και 1 m.

Η ιπτάμενη τέφρα χρησιμοποιείται ως ενισχυτικό στις δύο τελευταίες στρώσεις. Από έρευνες που έγιναν με τη χρήση της τέφρας σαν συνδετικό υλικό για την κατασκευή οδοστρωμάτων, προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Η ανάμιξη της τέφρας με διάφορα υλικά βελτιώνει τα φυσικά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά όπως την αντοχή σε θλίψη, την πλαστικότητα και την κοκκομετρική διαβάθμιση. Ο βαθμός βελτίωσης των χαρακτηριστικών εξαρτάται από τη λεπτότητα της χρησιμοποιούμενης ιπτάμενης τέφρας και της χημικής της σύστασης. Από πειραματική εφαρμογή της ιπτάμενης τέφρας σε οδόστρωμα, διαπιστώθηκε ότι είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση κατάλληλου κατασκευαστικού εξοπλισμού (όπως χρήση ελαστικοφόρου οδοστρωτήρα) και η πιστή τήρηση των κανόνων ορθής κατασκευής (καλή άλεση των υλικών). Ως εκ τούτου, θεωρείται αναγκαία η σύνταξη τεχνικών προδιαγραφών για τη χρησιμοποίηση της ιπτάμενης τέφρας στην οδοποιία καθώς επίσης και ο σωστός προγραμματισμός έργων που να επιτρέπει την προμήθεια του απαραίτητου μηχανικού εξοπλισμού.

Θα πρέπει να βρεθεί η έκταση της εφαρμογής της ιπτάμενης τέφρας καθώς και η οικονομική ακτίνα χρήσης της, σε συνάρτηση με αναζήτηση μεθόδων μαζικής μεταφοράς της που θα μειώνει το κόστος μεταφοράς, που είναι το βασικό μειονέκτημα των ιπτάμενων τερφών σε σχέση με τη χρήση της στην οδοποιία.

Επίσης, πολύ συχνά το πέτρωμα του υπεδάφους ενισχύεται ύστερα από όργωμα και ανάμιξη τσιμέντου ή υδρασβέστου ή κονιάς και νερού, με επακολουθούσα συμπίεση με οδοστρωτήρα ή δονητικές πλάκες. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται σταθεροποίηση του εδάφους και αποτελεί μια δυνατότητα εκτεταμένων εφαρμογών του μίγματος ιπτάμενης τέφρας - υδρασβέστου.

Γενικά κρίνεται ότι είναι δυνατή η χρησιμοποίηση της ιπτάμενης τέφρας σε στρώσεις οδοποιίας, με την επιφύλαξη όμως ότι θα πρέπει κάθε φορά να γίνεται ειδική μελέτη για την εύρεση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής της που εξαρτάται από τη σύστασή της.

Πλεονεκτήματα

- Η μείωση των απαιτούμενων χώρων για την απόθεση της τέφρας
- Η διατήρηση των φυσικών πόρων, αντικαθιστώντας άλλα υλικά
- Η συμβολή στην δημιουργία καθαρότερου και ασφαλέστερου περιβάλλοντος
- Η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την αντικατάσταση τσιμέντου σε διάφορες εφαρμογές
- Σημαντικά οικονομικά οφέλη για τους τελικούς χρήστες λόγω του χαμηλού της κόστους που συνεπάγεται συμβολή στην οικονομική ανάπτυξη
- Η μείωση του συνολικού κόστους παραγωγής ενέργειας από την εκμετάλλευσή της

6.6.4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

6.6.4.1 Ο ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΣ YELGUN-CHINDERAH, AUSTRALIA

Στα βόρεια της Νέας Νότιας Ουαλίας στην Αυστραλία κατασκευάστηκε ο νέος αυτοκινητόδρομος Yelgun-Chinderah, ο οποίος αποτελείται από 4 λωρίδες δρόμων και 54 γέφυρες, και κατασκευάστηκε κυρίως για την εξοικονόμηση χρόνου μετακίνησης και την

βελτίωση της ασφάλειας των μεταφορών. Για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκε Ιπτάμενη Τέφρα σε ποσοστό περίπου 30%, και συγκεκριμένα, για την κατασκευή των 28.5 km, απαιτήθηκαν 230,000 κυβικά μέτρα σκυροδέματος, στο οποίο ενσωματώθηκαν 54,000 τόνοι τσιμέντου και 22,000 τόνοι Ιπτάμενης Τέφρας. Η συνεχής και γρήγορη μεταφορά τσιμέντου και Ιπτάμενης Τέφρας επιτεύχθηκε με οδικά και σιδηροδρομικά μέσα.

6.6.4.2 Ο ΣΤΑΘΜΟΣ 5 ΤΟΥ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ HEATHROW, ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΕΤΑΝΙΑ

135,000 τόνοι Ιπτάμενης Τέφρας θα χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές σκυροδέματος στον τερματικό σταθμό 5 του αεροδρομίου Heathrow στο Λονδίνο. Μια από αυτές είναι για την κατασκευή σκυροδέτου οδοστρώματος για θέσεις στάθμευσης των αεροπλάνων. Η υψηλή αντοχή του νέου σκυροδέματος συνεπάγεται τη μειωμένη ποσότητα σκυροδέματος παρόλο που το φορτίο αυξάνεται από 23 σε 28 τόνους ανά τροχό, καθώς νέα είδη αεροσκαφών θα χρησιμοποιούνται όπως το A380 Airbus. Λιγότερο σκυροδέμα σημαίνει λιγότερο τσιμέντο καθώς το ποσοστό Ιπτάμενης Τέφρας αγγίζει το 40%. Σαν επακόλουθο θα υπάρχει σημαντικά χαμηλότερη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η μεταφορά της Ιπτάμενης Τέφρας στον τερματικό σταθμό 5 θα γίνεται με σιδηροδρομικά μέσα.

6.7 ΕΡΥΘΡΑ ΙΛΥΣ

Η ερυθρά ιλύς είναι το στερεό κατάλοιπο που λαμβάνεται κατά το πρώτο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας του αλουμινίου και είναι προϊόν της αντίδρασης του βωξίτη, που έχει λειοτριβηθεί, με το καυστικό νάτριο σε κατάλληλες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Ορίζεται ως παραπροϊόν της διαδικασίας Bayer. Στο στάδιο αυτό το αιώρημα διαλύματος Al_2O_3 και στερεών αδιάλυτων οξειδίων του βωξίτη, μεταφέρεται στους εκτονωτές για την μείωση της πίεσης και στη συνέχεια, αφού αραιωθεί, μεταβιβάζεται σε μεγάλες δεξαμενές καθίζησης. Η ερυθρά ιλύς καταβυθίζεται με την βοήθεια κροκιδωτικών και πλένεται σε παχυντές κατ' αντιρροή για την ανάκτηση των διαλυτών ουσιών. Το διαχωρισμένο διαυγές διάλυμα οδηγείται στις δεξαμενές διασπάσεως για την ανάληψη του ένυδρου οξειδίου του αλουμινίου.

Η ετήσια παραγόμενη ποσότητα ερυθράς ιλύος, εκτιμάται στους 70 Mt στερεών παγκοσμίως. Η παραπάνω ποσότητα κατατάσσει την ερυθρά ιλύ στις πρώτες θέσεις μεταξύ των παραγόμενων παραπροϊόντων πίσω από τις παραγόμενες τέφρες που προέρχονται από την καύση του λιγνίτη (μορφή ορυκτού άνθρακα) και τις μεταλλουργικές σκωρίες. Για την Ελλάδα η αντίστοιχη ετήσια παραγόμενη ποσότητα ερυθράς ιλύος είναι 0.7 Mt περίπου, μέγεθος που τη φέρνει Τρίτη στον κατάλογο των εν Ελλάδι παραγόμενων παραπροϊόντων μετά από τα παραπροϊόντα της ΔΕΗ τα οποία προέρχονται κυρίως από την καύση του λιγνίτη και από τη σκωρία της ΛΑΡΚΟ. Αξίζει να αναφερθεί πως το μεγαλύτερο μέρος της ανεκμετάλλευτης ερυθράς ιλύος απορρίπτεται στο περιβάλλον και ιδιαίτερα στον κορινθιακό κόλπο με απρόβλεπτες συνέπειες υποβάθμισης.



Εικόνα 6.4 : Εκτάσεις ερυθράς ιλύος

Στο εργοστάσιο της εταιρίας Αλουμίνιον της Ελλάδας Α.Ε., ανάλογα με την σύσταση των κατεργαζομένων βωξιτών, για κάθε ένα τόνο παραγόμενης ποσότητας αλουμίνιας, παράγονται 1,06 τόνοι ερυθράς ιλύος και σε βάση 503.000 τόνοι. Η εταιρεία Αλουμίνιον της Ελλάδος, λόγω του υψηλού κόστους απόρριψης και των μεγάλων ποσοτήτων απόθεσης της ιλύς κατασκεύασε κλίνες ξήρανσης για πιθανή διάθεση παραπροϊόντων στην οδοποιία και την δομική βιομηχανία.

Έτσι, ποσότητες ξηράς ερυθράς ιλύς μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές έργων οδοποιίας, σύμφωνα με τα αποτελέσματα μεγάλης εργαστηριακής έρευνας που πραγματοποιήθηκε από το Εργαστήριο Οδοποιίας του Α.Π.Θ. την περίοδο 1994-1996. Παράλληλα, υπάρχει προοπτική να διαθέτουν ποσότητες για την διερεύνηση χρήσης του παραπροϊόντος στην παραγωγή τσιμέντου και δομικών υλικών.

Η παραγωγή του συνθετικού ελαφρύ αδρανούς από την ερυθρά ιλύ μπορεί να παρουσιάσει προβλήματα επειδή η ερυθρά ιλύ λειώνει μόνο σε υψηλές θερμοκρασίες, μπορεί να μαλακώσει μόνο μέχρι ένα περιορισμένο βαθμό και τα αέρια που παράγονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής ίσως να μην είναι επαρκή για να προκαλέσουν διόγκωση. Έχουν δοκιμαστεί διάφορες προσθήκες χωρίς επιτυχία. Σε μερικές περιπτώσεις, τα ελαφρά αδρανή παράγονται με την προσθήκη ουσιών, όπως ιπτάμενη τέφρα, σκουριά από ηλεκτροκλιβάνους ή σκόνη από ηφαιστειακό γυαλί. Μια κύρια χρήση της είναι η κατασκευή μετά από φυσικές διαδικασίες δομικών υλικών όπως τούβλα, ως πρόσθετο στο τσιμέντο όπου ταυτόχρονα προσφέρει και αντιδιαθρωτική προστασία στον οπλισμό του σκυροδέματος.



Εικόνα 6.5 : Σταθεροποίηση με ερυθρά ιλύ στη Εγνατία Οδό

Ειδικότερα, ο βωξίτης αποτελεί μια πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται ήδη για την παραγωγή δομικών υλικών. Η ερυθρά ιλύς αποτελείται κυρίως από άργιλο βωξίτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή τσιμέντου. Τα αποτελέσματα της χρήση της για την παραγωγή ειδικών τύπων τσιμέντου αλλά και τσιμέντου τύπου Portland ήταν ικανοποιητικά.



Εικόνα 6.6: Σταθεροποίηση με ερυθρά ιλύ στο τμήμα Ξάνθης – Κομοτηνής της Εγνατίας Οδού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 ΦΘΟΡΕΣ

Φθορά ονομάζεται κάθε είδους ανωμαλία η οποία χειροτερεύει τις συνθήκες κύλισης των οχημάτων στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Οι φθορές οι οποίες εμφανίζονται σε ένα οδόστρωμα είναι συγχρόνως αιτίες και αποτέλεσμα, διότι οι αρχικές φθορές γίνονται συχνά αιτίες νέων φθορών του ίδιου ή διαφορετικού τύπου. Η εξέλιξή τους είναι ταχύτατη και οδηγούν το οδόστρωμα σε καταστροφή, αν δεν προγραμματιστεί η συντήρησή τους.

7.1.1 ΑΙΤΙΑ ΦΘΟΡΩΝ

Οι φθορές διακρίνονται σε:

- Φθορές ποσοτικής φύσης οι οποίες είναι απόρροια ελλειπών ή και ανακριβών στοιχείων αφορούντα κυκλοφοριακά, κλιματολογικά και περιβαλλοντικά δεδομένα.
- Φθορές ποιοτικής φύσης οι οποίες είναι συνέπεια κατασκευαστικών αποκλίσεων από την αρχική μελέτη. Εντοπίζονται σε χρήση υλικών κατώτερης ποιότητας ή ελλιπούς διαδικασίας κατασκευής.
- Φθορές τυχαίας φύσης οι οποίες εντοπίζονται σε τυχαία γεγονότα ή σε ακραία χρήση των δρόμων. Σεισμοί ή κατολισθήσεις λόγω σεισμών, όπως επίσης χρήση από γεωργικά ή άλλου είδους μηχανήματα που προκαλούν αθέλητες ζημιές.

7.1.2 ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ ΦΘΟΡΩΝ

Για τη σωστή αντιμετώπιση του προβλήματος συντήρησης του οδικού δικτύου είναι απαραίτητο να είναι γνωστά τα κύρια χαρακτηριστικά της οδού, η ακριβής εξέλιξη των φθορών του οδοστρώματος και τα σημεία τα οποία προαναγγέλλουν τη δημιουργία νέων φθορών.

Ο προγραμματισμός της συντήρησης των φθορών απαιτεί πληροφορίες μεγάλης ακρίβειας, οι οποίες πρέπει να παρέχονται από έμπειρους μηχανικούς με θεωρητική και πρακτική κατάρτιση σε αυτό το θέμα. Από στοιχεία που συγκεντρώνονται συμπληρώνεται το Μητρώο οδών και ακολουθεί βάσει αυτού η μελέτη σύνταξης του προγράμματος συντήρησης. Όταν δεν υπάρχει Μητρώο οδών για να προγραμματιστεί συντονισμένα η συντήρηση ολόκληρου του οδικού δικτύου, χωρίζεται το δίκτυο σε τμήματα, επισημαίνονται και καταγράφονται οι φθορές κάθε τμήματος χωριστά, κατόπιν κατατάσσονται με φθίνουσα σειρά σπουδαιότητας και προγραμματίζεται η συντήρησή τους ανεξάρτητα από τα άλλα τμήματα.

Η επισήμανση και η καταγραφή των φθορών είναι σημαντική διότι:

- εντοπίζονται οι υπάρχουσες φθορές
- οι θέσεις που προαναγγέλλουν τη δημιουργία νέων φθορών
- οδηγεί σε σωστό προγραμματισμό της συντήρησης του τμήματος του οδικού δικτύου

Η εκτίμηση των φθορών γίνεται με:

- Οπτική εκτίμηση της κατάστασης του οδοστρώματος
 - άμεση οπτική εκτίμηση
 - φωτογραφική εκτίμηση
- Εκτίμηση της κατάστασης του οδοστρώματος με συσκευές

Τα στοιχεία που παίρνονται από τις δύο αυτές μεθόδους εκτίμησης των φθορών μεταξύ τους, προσδιορίζουν με περισσότερη ακρίβεια την κατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος. Όσο περισσότερο σαφής είναι η κατάσταση της επιφάνειας του οδοστρώματος τόσο καλύτερα προγραμματίζεται η συντήρηση.

7.1.3 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΦΘΟΡΩΝ

Οι φθορές του σώματος του οδοστρώματος εξελίσσονται:

Προοδευτικά σε μεγάλο χρονικό διάστημα αυτού του είδους οι φθορές είναι η ολισθηρότητα, οι ρωγμές και οι αυλακώσεις, των οποίων η εξέλιξη παρακολουθείται σε σχέση με το χρόνο. Προγραμματίζεται έγκαιρα η συντήρηση αυτών, ώστε να εμποδιστεί η επέκτασή τους σε σημαντικότερες φθορές, κρίσιμες για το οδόστρωμα, οι οποίες μειώνουν την ασφάλεια και την άνεση των χρηστών του δρόμου.

Γρήγορα, ξαφνικά, σε ελάχιστο χρονικό διάστημα τέτοιες φθορές είναι οι μεγάλες λακκούβες, οι διογκώσεις και οι καθιζήσεις, των οποίων η εξέλιξη δεν παρακολουθείται, λόγω της έλλειψης χρονικού περιθωρίου, διότι μειώνουν την ασφάλεια και την άνεση των χρηστών της οδού. Προγραμματίζεται σύντομα η συντήρησή τους διότι βάζουν σε κίνδυνο το οδόστρωμα.

7.1.4 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΦΘΟΡΕΣ ΤΟΥ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών του οδοστρώματος, όπως η αντιολισθηρότητα, η ομαλότητα κτλ παρέχουν τη δυνατότητα προσδιορισμού της κατάστασης του οδοστρώματος βάσει συγκεκριμένων μεγεθών και ταυτόχρονα παρέχουν ενδείξεις για την εμφάνιση φθορών στην επιφάνεια του. Ο ακριβής προσδιορισμός των επιφανειακών φθορών γίνεται έπειτα από επί τόπου επιθεωρήσεις από εξειδικευμένο προσωπικό, που έχουν ως στόχο την εξασφάλιση πραγματικών δεδομένων για την κατάσταση του οδοστρώματος με σκοπό την βέλτιστη συντήρησή του.

Βοηθητικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτοματοποιημένο σύστημα αποτύπωσης και καταγραφής των επιφανειακών φθορών του οδοστρώματος που στηρίζεται στη τεχνολογία της βιντεοσκόπησης (Video-car) με δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων.

Οι επιθεωρήσεις για τον εντοπισμό επιφανειακών φθορών γίνονται σε συγκεκριμένα τμήματα του αυτοκινητόδρομου, όταν οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών του οδοστρώματος εντοπίζουν την ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης. Οι επιθεωρήσεις αυτές δεν συνδέονται με τις επιθεωρήσεις του οδοστρώματος, που γίνονται στα πλαίσια της στοιχειώδους συντήρησης.

7.1.5 ΦΘΟΡΕΣ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Όλες οι φθορές που εμφανίζονται στα εύκαμπτα οδοστρώματα μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι ρηγματώσεις, στη δεύτερη οι παραμορφώσεις παντός είδους, στην τρίτη οι αποσαθρώσεις και στην τέταρτη η λείανση της επιφάνειας κύλισης. Αναλυτική περιγραφή όλων των αναπτυσσόμενων φθορών μαζί με τα πιθανά αίτια που τις προκαλούν καθώς και των προτεινόμενων τρόπων συντήρησης – θεραπείας αυτών δίνεται παρακάτω. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να τονισθεί το γεγονός ότι, για τον καθορισμό της καταλληλότερης συντήρησης-θεραπείας των φθορών θα πρέπει πρώτα να καθορίζεται επακριβώς η κύρια αιτία που προκάλεσε τη φθορά.

7.2 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

7.2.1 ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΙΣ

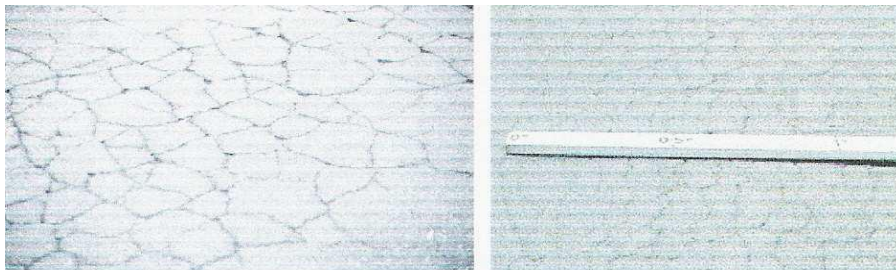
Οι μορφές των επιφανειακών ρηγματώσεων του οδοστρώματος ποικίλλουν και οφείλονται σε διάφορες αιτίες. Σε πολλές περιπτώσεις η έγκαιρη απλή σφράγιση της ρωγμής ή των ρωγμών είναι η σωστότερη και αποτελεσματικότερη συντήρηση. Σε άλλες περιπτώσεις όμως, είναι αναγκαία η πλήρης εξυγίανση της περιοχής που προσβλήθηκε.

7.2.2 ΣΦΡΑΓΙΣΗ/ ΠΛΗΡΩΣΗ ΡΩΓΜΩΝ

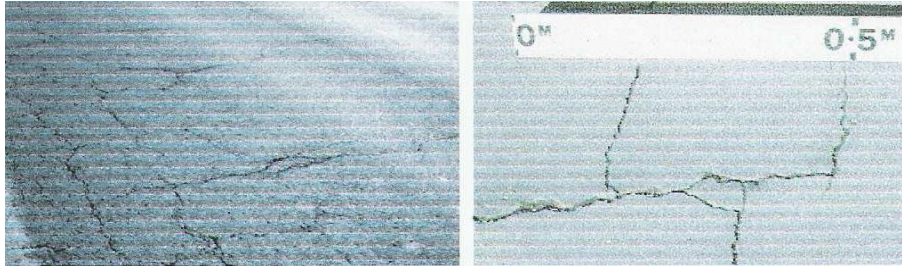
Η σφράγιση / πλήρωση των ρωγμών σε όλες τις περιπτώσεις γίνεται με πηχτό υλικό που είναι ειδική τροποποιημένη άσφαλτος. Η τροποποιημένη άσφαλτος (ελαστομερής) θα πρέπει να εκπληρώνει τις απαιτήσεις της προδιαγραφής ASTM 1190 ή BS 2499. Για την εφαρμογή της τροποποιημένης ασφάλτου προς σφράγιση των ρωγμών απαιτείται η χρήση ειδικού μηχανικού εξοπλισμού, όπως (α) μηχανήμα θέρμανσης της ελαστομερούς ασφάλτου με δυνατότητα θέρμανσης μέχρι και 200 °C και με δυνατότητα παροχής του θερμού ασφαλτικού υλικού επί της ρωγμής και (β) ειδικό φλόγιστρο (προπανίου) που εκτοξεύει υπέρθερμο αέρα (όχι φλόγα) για τη θέρμανση και τον καθορισμό της ρωγμής πριν τη διάχυση της τροποποιημένης ασφάλτου.

7.2.3 ΡΩΓΜΕΣ ΤΥΠΟΥ ΑΛΛΙΓΑΤΟΡΑ ή ΡΩΓΜΕΣ ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗΣ

Οι ρωγμές τύπου αλιγάτορα έχουν συνήθως ακανόνιστη μορφή. Είναι διακλαδιζόμενες και αλληλοσυνδεόμενες ρωγμές που σχηματίζουν πολυγωνικά κομμάτια (μπλοκ) με οξείες γωνίες όμοια με αυτά του δέρματος του αλιγάτορα. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα κομμάτια αυτά δίνουν την εντύπωση ότι είναι σχεδόν έτοιμα να αποκολληθούν.



Φωτογραφία 7.1 : Ρηγματώσεις τύπου αλιγάτορα



Φωτογραφία 7.2: Ρωγμές συστολής ή συρρίκνωσης

ΑΙΤΙΑ

Τα αίτια που προκαλούν τις ρηγματώσεις αυτές τις περισσότερες φορές, είναι το μεγάλο βέλος κάμψης που αναπτύσσεται στις ασφαλτικές στρώσεις του οδοστρώματος λόγω μειωμένης φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους ή και της υπόβασης / βάσης. Η μείωση προέρχεται από τη μείωση της φέρουσας ικανότητας των στρώσεων αυτών λόγω εποχιακής αύξησης της υγρασίας στις στρώσεις αυτές ή λόγω κακής αποστράγγισης της βάσης και υπόβασης. Οι ρωγμές στην περίπτωση αυτή συνήθως εμφανίζονται τοπικά και σε περιορισμένη έκταση.

Όταν οι ρωγμές τύπου αλλιγάτορα εμφανίζονται σε μεγάλη έκταση κατά μήκος του δρόμου, η αιτία εμφάνισής τους είναι διαφορετική. Στην προκειμένη περίπτωση η αιτία που προκάλεσε τη φθορά αυτή είναι η πλήρης κόπωση του οδοστρώματος λόγω των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων του οδοστρώματος από τον κυκλοφοριακό φόρτο, σε συνδυασμό πιθανότατα και με την ύπαρξη ασθενούς υπεδάφους ή μειωμένου πάχους υποκειμένων στρώσεων. Το τελευταίο θα πρέπει πάντοτε να ελέγχεται και να καθορίζεται.

ΘΕΡΑΠΕΙΑ

- Για τοπικές εμφανίσεις

Η ριζική επισκευή των ρωγμών αλλιγάτορα εφ' όσον οφείλονται στη μειωμένη ευστάθεια του εδάφους έδρασης συνίσταται:

1. στην πλήρη απομάκρυνση όλων των ασφαλτικών στρώσεων με ασύνδετα αδρανή και μέρους του εδάφους έδρασης
2. στη λήψη κατάλληλων μέτρων για την υποβάθμιση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και
3. στην ανακατασκευή όλων των στρώσεων με νέα κατάλληλα υλικά.

Για καλύτερα αποτελέσματα συνίσταται να αντικαθίστανται όλες οι στρώσεις με ασφαλτικό σκυρόδεμα. Η επιφάνεια που θα ανοιχθεί για επισκευή θα πρέπει να επεκτείνεται, κατά πλάτος, περίπου μισό μέτρο μέσα στην υγιή περιοχή. Επίσης, συνιστάται να ψεκάζονται οι κάθετες αλλά και οι οριζόντιες επιφάνειες της περιοχής που ανοίχθηκε με κατάλληλο κατιονικό γαλάκτωμα. Μετά από τη διάστρωση της κάθε στρώσης, σε πάχος όχι μεγαλύτερο των 100 – 150 mm, απαιτείται επαρκής συμπίκνωση με κατάλληλο, δονητικό κατά προτίμηση μηχάνημα.

Μετά τη διάστρωση και συμπίκνωση της τελευταίας ασφαλτικής στρώσης, συνιστάται όπως απαιτείται ειδικό ελαστομερές ασφαλτικό υλικό (χυτό υλικό) σε όλη την περίμετρο της

τομής μεταξύ της παλιάς και της νέας επιφάνειας, σε πλάτος περίπου 40 – 50 mm, για να επιτυγχάνεται η άριστη στεγάνωση του ασθενούς αυτού σημείου. Το ελαστομερές ασφαλτικό υλικό είναι αυτό που χρησιμοποιείται στη γενική περίπτωση σφράγισης ρωγμών. Η παραπάνω εργασία, δηλαδή της αποξήλωσης μίας ή περισσότερων στρώσεων και η ανακατασκευή αυτών με νέα υλικά, είναι γνωστή ως μπάλωμα.

- Μεγάλης έκτασης

Όταν οι ρωγμές τύπου αλλιγάτορα οφείλονται σε κόπωση του οδοστρώματος, η θεραπεία γίνεται μόνο με αποκατάσταση του τάπητα, δηλαδή με μια πρόσθετη ασφαλτική στρώση πάχους αναλόγου της κατάστασης του οδοστρώματος, μετά ή άνευ απομάκρυνσης του ρηγματωμένου τάπητα κυκλοφορίας. Στην περίπτωση που δεν απομακρύνεται ο ρηγματωμένος τάπητας, συνιστάται η διάστρωση ισοπεδωτικής στρώσης, πριν τη διάστρωση του νέου τάπητα. Η διάστρωση ισοπεδωτικής στρώσης είναι απολύτως αναγκαία στην περίπτωση που ορισμένα κομμάτια έχουν αποκολληθεί ή εμφανίζονται ταυτόχρονα και τοπικές καθιζήσεις.

Τα τελευταία χρόνια για τη συντήρηση των ρωγμών αυτών χρησιμοποιούνται και τα ασφαλτοϋφάσματα ή οι μεμβράνες απορρόφησης τάσεων. Τα ασφαλτοϋφάσματα ή οι μεμβράνες τοποθετούνται επί της ρηγματωμένης επιφάνειας ή επί της ισοπεδωτικής (αν απαιτείται να χρησιμοποιηθεί). Στην περίπτωση που το άνοιγμα των ρωγμών τύπου αλλιγάτορα είναι μικρότερο των 3 mm η προσωρινή συντήρηση της επιφάνειας μπορεί να γίνει και με σφραγιστικά ψυχρά ασφαλτομίγματα τύπου Slurry Seal, διαβάθμισης I ή II, ή με μεμβράνη απορρόφησης τάσεων (SAM).

7.2.4 ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΑ ΑΚΡΑ

Οι ρωγμές αυτές είναι συνήθως επιμήκεις και εμφανίζονται περίπου 30 - 50 cm από τα άκρα του οδοστρώματος μετά ή άνευ εγκαρσίων ρωγμών.

ΑΙΤΙΑ

Οφείλονται κυρίως στην ανεπαρκή υποστήριξη του οδοστρώματος λόγω ενός ή περισσότερων από τους παρακάτω λόγους: κακή συμπίκνωση, κακή αποστράγγιση, δράση παγετού, συρρίκνωση λόγω ξηρασίας του εδάφους της περιοχής ή λόγω μειωμένου πάχους των στρώσεων στα σημεία αυτά.

ΘΕΡΑΠΕΙΑ

Η συντήρηση των ρωγμών αυτών συνιστάται στην πλήρωση αυτών με κατάλληλη τροποποιημένη άσφαλτο, μετά από επιμελή καθαρισμό. Εάν στην περιοχή παρουσιάζεται και καθίζηση τότε αυτή θα πρέπει να πληρούται με τη διάστρωση ψυχρού ή θερμού ασφαλτομίγματος. Ψυχρό ασφαλτόμιγμα τύπου Slurry, διαβάθμισης III ή IV, διαστρώνεται όταν η καθίζηση είναι μικρότερη των 25 mm, άλλως χρησιμοποιείται θερμό ασφαλτόμιγμα. Αν υπάρχει πρόβλημα αποστράγγισης του οδοστρώματος αυτό εντοπίζεται και αποκαθίσταται.

7.2.5 ΡΩΓΜΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΛΩΡΙΔΩΝ ΔΙΑΣΤΡΩΣΗΣ Η ΔΙΑΠΛΑΤΥΝΣΗΣ

Οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται μεταξύ των λωρίδων διάστρωσης ή της διαπλάτυνσης και είναι πάντοτε διαμήκεις (πλην της περίπτωσης διακοπής των εργασιών).

ΑΙΤΙΑ

Οφείλονται αποκλειστικά και μόνο σε κακοτεχνία κατά τη διάρκεια της κατασκευής, όπως: διάστρωση τάπητα με μειωμένη ποσότητα ασφαλτομίγματος στη ραφή, κακή ή ανεπαρκή συγκόλληση της κάθετης επιφάνειας της προηγούμενης λωρίδας διάστρωσης και πτώση της θερμοκρασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών. Στην ειδική περίπτωση, που η ρωγμή εμφανίζεται πάνω στο σημείο που έγινε διαπλάτυνση της οδού, το αίτιο πιθανόν να είναι η κακή συμπίκνωση των υποκείμενων νέων στρώσεων. Πλην όμως, στις περιπτώσεις αυτές θα υπάρχει, κατά πάσα πιθανότητα, εμφάνιση και άλλης μορφής αστοχίας του οδοστρώματος (κυρίως καθίζηση).

- Διαμήκεις ρωγμές

Περιγραφή: διαμήκεις ρηγματώσεις κατά μήκος της οδού, που εμφανίζονται κοντά στον άξονα της οδού ή στα άκρα του οδοστρώματος .

Πιθανά αίτια: κακοτεχνία στην συναρμογή των λωρίδων διάστρωσης, κακή αποστράγγιση, μειωμένη αντοχή οδοστρώματος, δράση παγετού, κακή συμπίκνωση κλπ

- Εγκάρσιες ρωγμές

Περιγραφή: ρηγματώσεις κάθετες προς τον άξονα της οδού

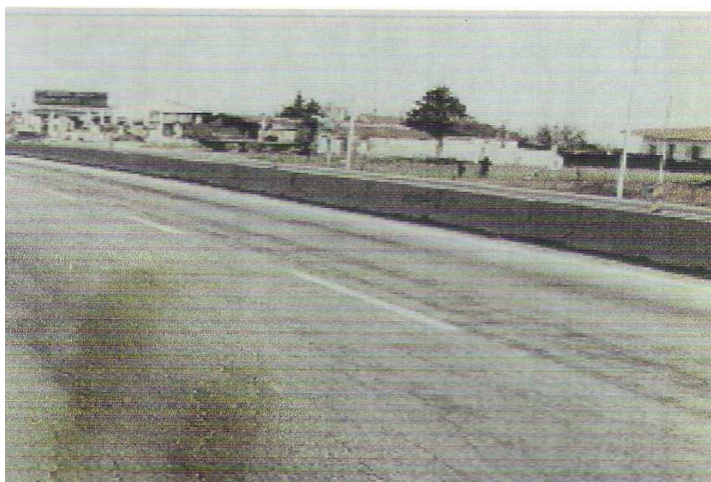
Πιθανά αίτια: περιβαλλοντικές συνθήκες, μειωμένη αντοχή οδοστρώματος, τοπικές αστοχίες κλπ.

ΘΕΡΑΠΕΙΑ

Η συντήρηση των ρωγμών αυτών γίνεται όπως και των ρωγμών από ανάκλαση.

7.2.6 ΡΩΓΜΕΣ ΑΠΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Οι ρωγμές από ανάκλαση εμφανίζονται κατά κανόνα σε πρόσθετες ασφατικές στρώσεις που διαστρώθηκαν στο παρελθόν για την αποκατάσταση σοβαρών φθορών του οδοστρώματος. Η μορφή και η κατεύθυνσή τους ποικίλλει από διαμήκης, εγκάρσια, διαγώνια ή και μερικώς διακλαδιζόμενη, ανάλογα με τη μορφή που είχαν οι παλαιές ρωγμές της επισκευασθείσας επιφάνειας. Τυπικές ρωγμές από ανάκλαση είναι αυτές που εμφανίζονται σε ασφατικές επιστρώσεις πάνω σε δύσκαμπτα οδοστρώματα, ή οδοστρώματα από βάση με ισχύο σκυρόδεμα ή ακόμη σε επιστρώσεις που έγιναν απάνω από παλαιά εγκιβωτισμένα ερείσματα ή διαπλάτυνσεις.



Φωτογραφία 7.3 : Ρωγμές από ανάκλαση

ΑΙΤΙΑ

Τα αίτια που προκαλούν αυτού του είδους τις ρωγμές είναι οι κάθετες και οριζόντιες μετακινήσεις του υποκείμενου οδοστρώματος. Οι μετακινήσεις αυτές μπορεί να οφείλονται σε μετακινήσεις του υπεδάφους, ή στη διόγκωση/ συρρίκνωση αυτού λόγω ύπαρξης αργλικών υλικών σε συνδυασμό με την μεταβολή των επιπέδων υγρασίας ή στην κάθετη μετακίνηση των πλακών του δύσκαμπτου οδοστρώματος ή στην κάθετη μετακίνηση των ανεξάρτητων ρηγματωμένων κομματιών της παλαιάς επιφάνειας, γενικότερα ή λόγω της ύπαρξης τσιμέντου ως σταθεροποιητή.

ΘΕΡΑΠΕΙΑ

Ο τρόπος συντήρησης των ρωγμών από ανάκλαση εξαρτάται από το μέγεθος και την έκταση αυτών, όπως:

- Όταν οι ρωγμές έχουν άνοιγμα μικρότερο των 3 mm περίπου και είναι σε μικρή έκταση, η συντήρηση γίνεται με τη σφράγιση/ πλήρωση αυτών με τροποποιημένη άσφαλτο.
- Όταν οι ρωγμές έχουν άνοιγμα μικρότερο των 3-5 mm περίπου και είναι σε μεγάλη έκταση, η συντήρηση μπορεί να γίνει με απλή ασφαλτική επάλειψη.
- Όταν οι ρωγμές έχουν άνοιγμα μεγαλύτερο των 3-5 mm και είναι σε μικρή έκταση, τότε η συντήρηση αυτών γίνεται ως ακολούθως:
 1. οι ρωγμές ανοίγονται με ειδικό κόφτη σε βάθος περίπου 10-15 mm και πλάτος όσο το πλάτος που δημιουργείται από τον κόφτη (10-15 mm). Ο ειδικός κόφτης έχει τη δυνατότητα να ακολουθεί τη ρωγμή, δηλαδή μπορεί να στρίβει εύκολα από οξείες γωνίες. Με αυτό επιτυγχάνεται η απομάκρυνση των χαλαρών μικρών τεμαχίων του ασφαλτομίγματος που έχουν δημιουργηθεί στη ρωγμή,
 2. η διευρυνθείσα ρωγμή καθαρίζεται με συμπιεσμένο αέρα, κατόπιν στεγνώνετε και θερμαίνεται με ειδικό φλόγιστρο υπέρθερμου αέρα και
 3. η καθαρισμένη ρωγμή γεμίζει, αμέσως μετά τη θέρμανση, με ειδική ελαστομερή άσφαλτο. Η πλήρωση της διευρυμένης ρωγμής μπορεί να γίνει και με ψυχρό ασφαλτόμιγμα τύπου slurry - διαβάθμισης 1.

Σε ορισμένες χώρες, όπως η Αγγλία, η ελαστομερής άσφαλτος όταν το πλάτος της λωρίδας που δημιουργείται είναι μεγαλύτερο των 20 mm περιέχει και λεπτόκοκκη σκληρή άμμο έτσι ώστε η επιφάνεια να έχει ικανοποιητικό συντελεστή αντίστασης σε ολίσθηση (> 55 με το Βρετανικό εκκρεμές). Η ίδια απαίτηση υπάρχει στην Αγγλία και στην περίπτωση θεραπείας όπως ιδιαίτερα όταν πρόκειται για διαμήκεις ρωγμές.

Σε περιπτώσεις που οι ανακλαστικές ρωγμές είναι αρκετά μεγάλες (>5 mm) ή επειδή δημιουργήθηκαν λόγω ύπαρξης παλαιού υποκειμένου δύσκαμπτου οδοστρώματος, από ορισμένους οργανισμούς και υπηρεσίες του εξωτερικού ακολουθείται σήμερα η παρακάτω θεραπεία:

1. οι ρωγμές φρεζάρονται κατά τη διαμήκη τους διεύθυνση, με ειδικές μικρές φρέζες σε βάθος 10-20 mm και πλάτος όσο το δημιουργημένο μικρό πλάτος της φρέζας,
 2. η φρεζαρισθείσα επιφάνεια, αφού καθαρισθεί, πληρούται με ελαστομερή άσφαλτο επί της ελαστομερούς ασφάλτου διαστρώνονται μονόκοκκα αδρανή (6 mm περίπου) για τη δημιουργία αντιολισθηρής επιφάνειας.
 3. Εναλλακτικά για την παραπάνω περίπτωση, η ρωγμή μπορεί να διανοιχτεί σε πλάτος 50-100 mm και βάθος περίπου 40 mm, το ασφαλτόμιγμα να αφαιρεθεί και να πληρωθεί με καινούργιο κατάλληλο ασφαλτόμιγμα.
- Όταν οι ρωγμές έχουν άνοιγμα μεγαλύτερο των 3 mm περίπου και είναι σε μεγάλη έκταση, επειδή η παραπάνω θεραπεία είναι χρονοβόρα, εξετάζεται, βάσει τεχνοοικονομικής ανάλυσης, μια από τις παρακάτω τεχνικές συντήρησης: απλή ή διπλή ασφαλτική επάλειψη, χρήση μεμβράνης απορρόφησης τάσεων (SMA), μεμβράνη με ίνες, ψυχρό ασφαλτικό μίγμα τύπου Slurry με ελαστομερή άσφαλτο και ίνες, ή λεπτοτάπητας με θερμό ασφαλτόμιγμα με τροποποιημένη άσφαλτο ή ακόμη και ασφαλτική επίστρωση πάχους 40 - 50 mm μετά ή άνευ ασφαλτοϋφάσματος. Η ασφαλτική επίστρωση είναι σοβαρός υποψήφιος στην περίπτωση που συντρέχει και άλλος λόγος όπως ενίσχυση του οδοστρώματος, οπότε στην περίπτωση αυτή το πάχος της στρώσης καθορίζεται ανάλογα με τις συνθήκες και τις απαιτήσεις.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, όταν οι ρωγμές είναι τοπικές και πυκνές σε σχετικά μικρή επιφάνεια ορισμένων τετραγωνικών μέτρων, είναι σύνηθες το φαινόμενο να αποξηλώνεται η τελευταία ασφαλτική στρώση και να αποκαθίσταται με νέο κατάλληλο ασφαλτόμιγμα. Η εκτέλεση των εργασιών είναι όμοια με αυτήν της αποκατάστασης τοπικών ρωγμών τύπου αλιγάτορα.

7.2.7 ΡΩΓΜΕΣ ΑΠΟ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΤΑΠΗΤΩΝ

Η μορφή των ρωγμών από ολίσθηση των ταπήτων έχει σχήμα μισοφέγγαρου.



Φωτογραφία 7.4: Ρωγμές ολίσθησης

ΑΙΤΙΑ

Οι ρωγμές αυτές οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην ολίσθηση του τάπητα κυκλοφορίας επί της υποκείμενης στρώσης λόγω κακής συνοχής αυτών. Η κακή συνοχή των ταπήτων οφείλεται στην απουσία συγκολλητικής επάλειψης ή την ανεπαρκή και κακή συγκολλητική επάλειψη, ή την ύπαρξη μεταξύ των στρώσεων χωμάτων (κυρίως αργιλικών) ή λαδιών αυτοκινήτων ή ύδατος. Οι ρωγμές αυτής της μορφής μπορεί να οφείλονται επίσης, ελάχιστες όμως φορές στη μεγάλη περιεκτικότητα του ασφαλτομίγματος σε λεπτόκοκκα αδρανή ή ακόμη και στην κακή συμπίκνωση της υπερκείμενης στρώσης.

ΘΕΡΑΠΕΙΑ

Η συντήρηση των ρωγμών αυτών γίνεται μόνο με την απομάκρυνση του τάπητα κυκλοφορίας γύρω από τη ρωγμή, μέχρι του σημείου όπου υπάρχει καλή συνοχή ταπήτων, και κατόπιν πλήρωση της επιφάνειας με θερμό ασφαλτόμιγμα. Πριν την πλήρωση η επιφάνεια θα πρέπει να καθοριστεί επιμελώς και κατόπιν να ψεκασθεί επ' αυτής και επί των καθέτων τοιχωμάτων της συγκολλητική επάλειψη από κατιονικό γαλάκτωμα. Τέλος, απαιτείται επαρκής συμπίκνωση της πληρωθείσης επιφάνειας με δονητικό μηχάνημα ή οδοστρωτήρα.

7.2.8 ΡΩΓΜΕΣ ΣΤΗΝ ΤΡΟΧΙΑ ΤΩΝ ΤΡΟΧΩΝ

Οι ρωγμές αυτές, που εμφανίζονται στην τροχιά των τροχών είναι πάντοτε διαμήκεις.

ΑΙΤΙΑ

Οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην τοπική θραύση του οδοστρώματος. Η θραύση οφείλεται στη μειωμένη φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους (εποχιακή ή μη) σε συνδυασμό με τα μεγάλα αξονικά φορτία που επιβάλλονται και το μειωμένο πάχος των ασφαλικών στρώσεων και της βάσεως (περίπτωση υπόδιαστασιολόγησης του οδοστρώματος). Πλην όμως, η εμφάνιση ρωγμών στην τροχιά των τροχών μπορεί να οφείλεται και στην κόπωση των ασφαλτομιγμάτων (σύνηθες φαινόμενο). Συνεπώς, απαιτείται η συστηματική διερεύνηση των αιτιών και η λήψη των κατάλληλων μέτρων προς αποφυγή περαιτέρω επιδείνωσης.

ΘΕΡΑΠΕΙΑ

Η συντήρηση των ρωγμών αυτών, όταν οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην εποχιακή μείωση της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους, γίνεται όπως και στις ρωγμές από ανάκλαση με παράλληλη ρύθμιση του επιπέδου του υδροφόρου ορίζοντα (στραγγιστικά έργα). Στις άλλες περιπτώσεις το οδόστρωμα χρειάζεται ενίσχυση. Αυτό γίνεται με τη διάστρωση νέας ασφαλικής στρώσης.

7.2.9 ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΕΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΙΣ ΚΟΠΩΣΗΣ

Λεπτές ρωγμές επιμήκεις, παράλληλες προς τον άξονα του δρόμου, που εμφανίζονται πάνω ή κοντά στα ίχνη των τροχών των οχημάτων.

ΑΙΤΙΑ

- Κόπωση του οδοστρώματος.

- Ανεπαρκής φέρουσα ικανότητα του οδοστρώματος ή του εδάφους Κυκλοφορίας.
- Υποχώρηση της στρώσης κυκλοφορίας κάτω από την επίδραση βαριάς κυκλοφορίας (κυρίως την άνοιξη).

ΕΞΕΛΙΞΗ

- Το μήκος τους μεταβάλλεται από μερικά εκατοστά μέχρι μερικές δεκάδες μέτρα.
- Εξελίσσονται σε ρηγμάτωση τύπου αλλιγάτορα.

7.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

7.3.1 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ (Στρεβλώσεις) ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Οι παραμορφώσεις ή στρεβλώσεις της επιφάνειας του οδοστρώματος είναι, σε γενικές γραμμές, οι φθορές εκείνες που χαρακτηρίζουν το οδόστρωμα ως μη επίπεδο. Η εμφάνιση επιφανειακών παραμορφώσεων αυξάνει την επικινδυνότητα της οδού δεδομένου ότι, αναλόγως την ταχύτητα του οχήματος, χάνεται ή μειώνεται η επαφή του ελαστικού με το οδόστρωμα. Επιπροσθέτως, επιφέρουν σημαντική μείωση της άνεσης κατά την οδήγηση. Οι παραμορφώσεις μπορεί να συνοδεύονται και από ρηγματώσεις γεγονός που επιδεινώνει ακόμη περισσότερο την κατάσταση, κυρίως ως προς τη δομική λειτουργία του οδοστρώματος.

Οι παραμορφώσεις της επιφάνειας του οδοστρώματος μπορεί να οφείλονται σε έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω λόγους:

- στην ελαστοπλαστική συμπεριφορά του ασφαλτομίγματος.
- στη χαμηλή ευστάθεια των ασφαλτομιγμάτων.
- στη μη καλή συμπύκνωση όλων των στρώσεων.
- στην καθίζηση του υπεδάφους.

Για την αποτελεσματικότερη συντήρηση των παραμορφώσεων, είναι αναγκαίο να διερευνηθούν επακριβώς τα αίτια. Γενικά, η συντήρηση των παραμορφώσεων μπορεί να συνίσταται από απλή πλήρωση αυτών με θερμό ή ψυχρό ασφαλτόμιγμα έως την πλήρη απομάκρυνση της προσβληθείσας περιοχής και την αντικατάστασή της με νέα υλικά.

7.3.2 ΤΟΠΙΚΑ ΒΥΘΙΣΜΑΤΑ

Καθίζηση μικρής έκτασης της επιφάνειας του οδοστρώματος συνήθως κυκλικής μορφής. Συνοδεύεται συχνά και από ρηγματώσεις δημιουργούνται λεκάνες βάθους δύο ή περισσότερων εκατοστών που συγκρατούν νερό με αποτέλεσμα την επιταχυνόμενη φθορά του οδοστρώματος και τη δημιουργία κινδύνου στην κυκλοφορία των οχημάτων (υδρολίσθηση, παγετός)

ΑΙΤΙΑ

- Ελλιπής συνάφεια ασφαλτικού σκυροδέματος και βάσης του οδοστρώματος.
- Τοπική απώλεια συνοχής της στρώσης της βάσης (κακή ποιότητα υλικών, ανεπαρκές πάχος).
- Χαμηλή αντοχή υπεδάφους.

ΕΞΕΛΙΞΗ

- Εξελίσσεται σε ρηγμάτωση τύπου αλλιγάτορα και στη συνέχεια σε λάκκο με απόσπαση υλικών.

7.3.3 ΚΑΘΙΖΗΣΗ

Υποχώρηση ορατή και αρκετά εκτεταμένη είτε κοντά στο έρεισμα, είτε στη μέση της οδού.

ΑΙΤΙΑ

- Ανεπαρκές πάχος οδοστρώματος τοπικά.
- Ανάμιξη των υλικών των στρώσεων του οδοστρώματος με αργιλικές γαίες.
- Τοπική κακοτεχνία.
- Κακή αποστράγγιση.

ΕΞΕΛΙΞΗ

Ακολουθούν σύντομα και άλλες βλάβες (κύρια τοπικές ανυψώσεις, ρωγμές τύποι αλλιγάτορα κλπ).

7.3.4 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΟΥΣ ΜΟΡΦΗΣ (ΠΤΥΧΩΣΕΙΣ / ΡΥΤΙΔΩΣΕΙΣ) ή ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΠΤΥΧΩΣΕΙΣ

Οι ρυτιδώσεις ή πτυχώσεις, είναι μια μορφή πλαστικής μετατόπισης που έχει ως αποτέλεσμα την τοπική εξόγκωση της επιφάνειας, υπό την μορφή κυματώσεων. Στην ειδική περίπτωση που η πλαστική μετατόπιση είναι τοπική, το φαινόμενο ονομάζεται απώθηση. Οι εγκάρσιες πτυχώσεις είναι οριζόντιες μετακινήσεις των υλικών της επιφανειακής στρώσης, κυρίως προς την κατεύθυνση της κυκλοφορίας.

Οι ρυτιδώσεις ή απωθήσεις εμφανίζονται, συνήθως σε περιοχές όπου αναπτύσσονται υψηλές διατμητικές τάσεις, όπως σε περιοχές πέδησης σε σημεία της οδού όπου η κυκλοφορία σταματά για μικρό χρονικό διάστημα (στάσεις λεωφορείων, διασταυρώσεις, σταθμούς διοδίων κλπ), ή σε ανωφέρειες και κατωφέρειες και δεν συνοδεύονται από ρηγματώσεις, εκτός ορισμένων περιπτώσεων απωθήσεων. Οι ρυτιδώσεις αναπτύσσονται σε όλη την επιφάνεια του οδοστρώματος είναι όμως, περισσότερο έντονες στην κύρια λωρίδα της κυκλοφορίας.

ΑΙΤΙΑ

- Ανεπαρκής ευστάθεια του ασφαλτομίγματος της στρώσης κυκλοφορίας (αυξημένο ποσοστό ασφάλτου, μαλακή άσφαλτος, μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκων αδρανών, στρογγυλευμένα αδρανή κλπ).
- Ρύπανση της στρώσης κυκλοφορίας από ορυκτέλαια.
- Κακή εξάτμιση των πτητικών του ασφαλτικού διαλύματος στο ασφαλτόμιγμα.
- Κακή σύνδεση μεταξύ της επιφανειακής ασφαλτικής στρώσης και της υποκείμενης στρώσης του οδοστρώματος (κακότεχνη συγκολλητική επάλειψη).

ΕΞΕΛΙΞΗ

Αύξηση του ύψους της πτύχωσης, ρηγμάτωσης του ασφαλτικού στα σημεία των σημαντικότερων ανυψώσεων.

ΘΕΡΑΠΕΙΑ

Για την επισκευή τους συνήθως κόβουμε αρχικά τα εξογκώματα, ώστε η επιφάνεια να έρθει στην αρχική στάθμη. Στη συνέχεια εφαρμόζουμε ασφαλτική επάλειψη.

7.3.5 ΑΥΛΑΚΩΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΤΡΟΧΙΕΣ ΤΩΝ ΤΡΟΧΩΝ Η ΙΧΝΗ ΤΡΟΧΩΝ ΜΙΚΡΟΥ ΕΥΡΟΥΣ

Οι αυλακώσεις αυτές είναι καναλοποιημένες καθιζήσεις κατά μήκος των ιχνών των τροχών. Η παραμόρφωση αυτή αφορά συνήθως την στρώση κυκλοφορίας και εκτείνεται σε μεγάλα μήκη. Εμφανίζονται κυρίως στην ακραία (δεξιά) λωρίδα κυκλοφορίας του αυτοκινητόδρομου.

ΑΙΤΙΑ

- Κακή συμπύκνωση των ασφαλτικών στρώσεων κατά την κατασκευή.
- Ολίσθηση μιας ή περισσότερων στρώσεων του οδοστρώματος κυκλοφορίας που έχει συμπυκνωθεί υπερβολικά, κάτω από την επίδραση των φορτίων της κυκλοφορίας, ή περιέχει πολύ άσφαλτο.
- Κακή σύνθεση του ασφαλτομίγματος.
- Ανεπαρκής πλευρική στήριξη του οδοστρώματος από τα ερείσματα.
- Υψηλές θερμοκρασίες.

Σημαντικές κυκλοφοριακές επιπονήσεις (βαριά κυκλοφορία, περιοχές διοδίων, σηματοδοτών)σε περιόδους με μεγάλες θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

ΕΞΕΛΙΞΗ

- Συνοδεύεται από εξίδρωση (ανάδυση ασφάλτου).
- Δημιουργία τοπικών ανυψώσεων.

7.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ - ΑΠΟΣΥΝΘΕΣΕΙΣ

7.4.1 ΑΠΟΣΥΝΘΕΣΗ

Αποσύνθεση είναι η θρυμματίση του οδοστρώματος σε μικρά ασύνδετα κομμάτια. Σε αυτήν περιλαμβάνεται και η αποκόλληση των αδρανών από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Εάν η αποσύνθεση, όπως ορίστηκε παραπάνω, δεν αποκατασταθεί έγκαιρα, είναι σίγουρο ότι θα οδηγήσει πολύ σύντομα σε κατάσταση όπου θα απαιτείται αντικατάσταση του οδοστρώματος. Οι κυριότερες μορφές αποσύνθεσης σε αρχικό στάδιο είναι η αποκόλληση αδρανών και οι λακκούβες.

7.4.2 ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΠΟ ΑΣΦΑΛΤΟΤΑΠΗΤΕΣ

Η αποκόλληση αδρανών από την επιφάνεια του οδοστρώματος που αρχίζει, συνήθως, από την άκρη του οδοστρώματος και διαδίδεται προς το κέντρο. Η αποκόλληση των αδρανών γίνεται προοδευτικά. Πρώτα αποκολλώνται τα λεπτόκοκκα αδρανή και κατόπιν τα χονδρόκοκκα. Στα πρώτα στάδια, η επιφάνεια παρουσιάζει μια σχετική τραχύτητα και κατόπιν μικρές φωλιές οι οποίες αρχίζουν να πυκνώνουν και να μεγαλώνουν, δημιουργώντας έτσι σε πολλές περιπτώσεις λακκούβες.

ΑΙΤΙΑ

- Ανεπαρκής συμπίκνωση της στρώσης.
- Κατασκευή του τάπητα με κακές καιρικές συνθήκες (βροχές, χαμηλές θερμοκρασίες κλπ).
- Χρησιμοποίηση μη καθαρών αδρανών ή αδρανών που συντρίβονται με την πάροδο του χρόνου (π.χ. ψαμμιτικά αδρανή).
- Μικρή περιεκτικότητα ασφάλτου στο ασφαλτόμιγμα ή υπερθέρμανσή του.

ΕΞΕΛΙΞΗ

Με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται η διαπερατότητα της ασφαλτικής στρώσης, δεν συγκρατούνται πλέον τα αδρανή τα οποία αποκολλούνται, με συνέπεια την αποσύνθεση της επιφάνειας του οδοστρώματος και τη δημιουργία λάκκων.

7.4.3 ΑΠΟΓΥΜΝΩΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ

Απώλεια λεπτόκοκκων αδρανών και ασφαλτικού υλικού γύρω από τα αδρανή μιας στρώσης κυκλοφορίας.

ΑΙΤΙΑ

- Ανεπαρκής συνάφεια συνδετικού υλικού, αδρανών.
- Κατασκευή τάπητα με κακές καιρικές συνθήκες.
- Συγκέντρωση νερών στο οδόστρωμα.

ΕΞΕΛΙΞΗ

Αύξηση της διαπερατότητας του ασφαλτομίγματος με σύγχρονη απώλεια σκύρων που δεν συγκρατούνται μετά την απογύμνωσή τους. Πρέπει να επισκευάζεται αμέσως χρησιμοποιώντας ασφαλτική επάλειψη.

7.4.4 ΑΠΟΚΟΛΛΗΣΗ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΤΑ ΠΛΑΚΕΣ

Αποκόλληση της στρώσης κυκλοφορίας κατά πλάκες.

ΑΙΤΙΑ

- Μικρό πάχος της στρώσης κυκλοφορίας.
- Κακή συγκόλληση της στρώσης κυκλοφορίας με την υποκείμενη στρώση (π.χ. απουσία συγκολλητικής).

ΕΞΕΛΙΞΗ

Επέκταση σε αριθμό και έκταση των τμημάτων που έχουν υποστεί την υπόψη βλάβη.

7.4.5 ΦΩΛΙΕΣ

Είναι τρύπες διαφόρων μεγεθών στο οδόστρωμα σε σχήμα μικρής λεκάνης. Προέρχονται από τοπική αποσύνθεση του οδοστρώματος, λόγω της ανεπαρκούς αντοχής του ασφαλτικού τάπητα.



Φωτογραφία 7.5: Λακκούβες (φωλιές)

ΑΙΤΙΑ

- Ανεπαρκής αντοχή του οδοστρώματος (μειωμένο πάχος ασφαλτικής στρώσης, μικρή περιεκτικότητα σε άσφαλτο, έλλειψη ή υπερβολική ποσότητα παιπάλης).
- Έλλειψη συνδετικού υλικού στο ασφαλτόμιγμα
- Ανεπαρκής αποστράγγιση της οδού
- Εξέλιξη άλλων φθορών (ρωγμές τύπου αλιγάτορα, καθίζηση κ.ά.)

ΕΞΕΛΙΞΗ

Διεύρυνση του λάκκου, αποσύνθεση οδοστρώματος σε μεγάλη έκταση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα των εργαστηριακών ερευνών για την καταλληλότητα εφαρμογής εναλλακτικών υλικών στην κατασκευή οδικών έργων ήταν πολύ θετικά. Τα υλικά αυτά είχαν πολύ ικανοποιητική συμπεριφορά σε διάφορους εργαστηριακούς ελέγχους. Τα έργα οδοποιίας, λόγω των ποσοτήτων υλικών που είναι σε θέση να απορροφήσουν, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την εφαρμογή ανακύκλωσης.

Οι προοπτικές έρευνας και εξέλιξης, στον τομέα αυτό είναι σημαντικές με πολλά τεχνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Απαιτείται διαμόρφωση νέων πολιτικών και ολοκληρωμένων μελετών λήψης αποφάσεων λαμβάνοντας υπόψη διάφορες παραμέτρους όπως περιβαλλοντικές, τεχνικές, οικονομικές, κοινωνικές, πολιτικές.

Τα οδοστρώματα μακράς διάρκειας έχουν αποκτήσει κύρος και κερδίζουν την διεθνή εκτίμηση και αναγνώριση και αυτό γιατί έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής σε σχέση με τα κοινά οδοστρώματα, παρέχουν ικανοποιητική ποιότητα οδήγησης και ασφάλεια στις μετακινήσεις, δεν χρειάζονται ριζικές επεμβάσεις συντήρησης πάρα μια απλή ανανέωση της επιφανειακής στρώσης τους και τέλος είναι φιλικά προς το περιβάλλον και οικονομικά σαν επένδυση κατασκευής.

Πρωταρχικό ρόλο για τη χρήση της ιπτάμενης τέφρας σε διάφορες εφαρμογές διαδραματίζει η απόκτηση τεχνογνωσίας, αλλά και η διάχυση αυτής. Επιπλέον το πλέον σημαντικό βήμα που σημειώθηκε στα πλαίσια της παρούσας δράσης ήταν η ολοκλήρωση του σχεδίου εθνικών προδιαγραφών για τη χρήση της ιπτάμενης τέφρας υψηλή σε ασβέστιο στο σκυρόδεμα. Η προώθηση και εφαρμογή του παραπάνω σχεδίου θα ανοίξει το δρόμο για τη χρήση της ιπτάμενης τέφρας και την απορρόφηση μεγάλων ποσοτήτων τέφρας, η οποία τώρα εναποτίθεται στο περιβάλλον.

Και τέλος αναφερθήκαμε στα υλικά από ανακυκλώσιμα προϊόντα. Με βάση την ανακύκλωση αδρανών αποβλήτων εξοικονομούμε τις πρώτες ύλες σε διάφορες κατηγορίες τεχνικών έργων. Με την ανακύκλωση γυαλιού εξοικονομούμε ενέργεια και μείωση των περιβαλλοντικών αποβλήτων. Επιπλέον η ανακύκλωση ελαστικών που επιτυγχάνεται με τη χρήση των ινών για την κατασκευή του οδοστρώματος, αυξάνει την περιβαλλοντική σημασία για προώθηση του. Οι περιβαλλοντικές εκπομπές είναι αποτέλεσμα κυρίως της παραγωγής των πρώτων υλών και υλικών του οδοστρώματος και της μεταφοράς τους.

Οι ερευνητικές δραστηριότητες του Εργαστηρίου Οδοποιίας του Α.Π.Θ. σχετικά με την εφαρμογή των σκωριών στα οδικά έργα, ξεκίνησε από τις αρχές της δεκαετίας του '90. Οι έρευνες αφορούσαν βιβλιογραφική επισκόπηση, εργαστηριακές δοκιμές, μελέτες σύνθεσης και επί τόπου μετρήσεις επιφανειακών χαρακτηριστικών οδοστρωμάτων. Συνοπτικά, η αποτίμηση της μέχρι σήμερα πορείας των ερευνών αυτών έχει ως εξής:

- Τα αδρανή σκωρίας και ειδικότερα τα χονδρόκοκκα κλάσματα παρουσιάζουν εξαιρετικά μηχανικά χαρακτηριστικά και συχνά υπερτερούν έναντι άλλων σκληρών αδρανών φυσικής προέλευσης,
- Τα αδρανή σκωρίας καλύπτουν τις απαιτήσεις των προδιαγραφών ως προς το σχήμα και τη μορφή των κόκκων.
- Επί τόπου έλεγχοι σε οδούς του πρωτεύοντος οδικού δικτύου που πραγματοποιήθηκαν για το Εργαστήριο Οδοποιίας κατέγραψαν μια πολύ

ικανοποιητική συμπεριφορά των ταπήτων με σκωρίες από πλευράς αντίστασης σε ολίσθηση.

Σε παγκόσμιο επίπεδο η κατασκευή μεγάλων οδικών έργων απασχολεί τους μελετητές εδώ και μερικές δεκαετίες. Με ένα εκτεταμένο οδικό δίκτυο ήδη κατασκευασμένο σε αρκετές χώρες του κόσμου υπάρχουν περιορισμένες δυνατότητες εφαρμογής των νέων τεχνολογιών. Αρκετές από αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διορθωτικές εργασίες καθώς και σε περιορισμένες έκτασης ανακατασκευής. Η έννοια του τέλους του κύκλου ζωής των σύγχρονων αυτοκινητοδρόμων δεν είναι ακόμα καθορισμένη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως οι σύγχρονοι αυτοκινητόδρομοι έχουν μεγάλο χρόνο ζωής αλλά και είναι μεγάλου όγκου κάτι που έχει ως αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η αντικατάστασή τους. Βέβαια, μεγάλα οδικά έργα δεν θα σταματήσουν ποτέ να κατασκευάζονται.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά σε όσους στάθηκαν δίπλα μας με κάθε τρόπο και μας βοήθησαν στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαιτέρως τον κ. Ν. Λαμπάκη για την ανάθεση αυτής της πτυχιακής εργασίας, καθώς και για την πολύτιμη βοήθειά του και καθοδήγησή του, κατά την διάρκεια εκπόνησης αυτής.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε πολύ τον κ. Ζ. Χρήστου για τον χρόνο που μας αφιέρωσε καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές του σε όλα τα θέματα που προέκυψαν, αλλά και για την ηθική συμπαράσταση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ

- ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ
Ι.Δ. ΚΟΦΙΤΣΑΣ
- ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ
Ν. ΛΑΜΠΑΚΗΣ ,ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ MSc
- ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ - ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ
Ζ. ΧΡΗΣΤΟΥ ,ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε/Υ Τ.Ε.
- ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΟΔΟΠΟΙΑΣ (ΑΦΡΩΔΕΣ ΑΣΦΑΛΤΟΣ)
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:
ΜΑΚΡΙΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ , ΠΑΝΙΩΡΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΑΤΕΙ ΘΕΣ/ΚΗΣ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2009
- ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ INTERNET
http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070_nikolaidis.pdf
http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070_prousalis.pdf
http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070_mouratidis.pdf
<http://www.ecoelastika.gr/>
http://www.helesi.com/greek/recycling_gr.html
http://www.hellaskps.gr/min_requirements/docs/PE1/DGTSY/2Sygkoinoniaka/TD-D-540.0.pdf
<http://www.ntua.gr/vitruvius/ty4.pdf>
<http://www.flyash.gr/>